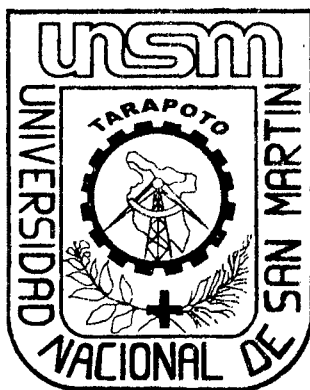


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. LUIS ENRIQUE MACEDO SIAS

**MORALES - PERÚ
2009**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

**MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA
CONSTRUCCIÓN**

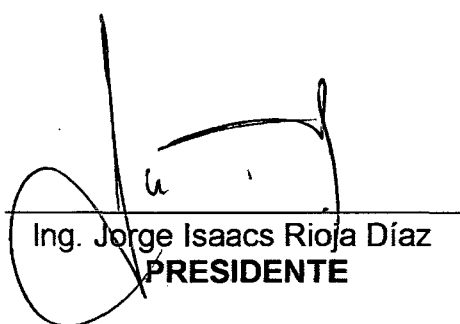
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. LUIS ENRIQUE MACEDO SIAS

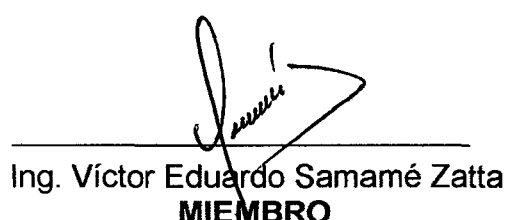
SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL HONORABLE JURADO:



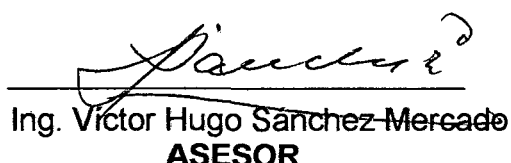
Ing. Jorge Isaacs Rioja Díaz
PRESIDENTE



Ing. Carlos Enrique Chung Rojas
SECRETARIO



Ing. Víctor Eduardo Samamé Zatta
MIEMBRO



Ing. Víctor Hugo Sánchez Mercado
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios:

Porque siempre está en cada instante de mi vida, ayudándome a salvar cualquier obstáculo que se presenta en el camino y sobre todo que me ayuda a lograr todas mis metas trazadas.

A mis padres:

Quienes siempre me inculcaron buenos principios y a luchar para lograr mis metas, así alcanzar un estatus respetable en este mundo competitivo, además les agradezco con todo mi corazón por todo su apoyo brindado por ayudarme a realizar como persona y profesional para así lograr uno de mis anhelos más preciados.

AGRADECIMIENTO

Al Ing° HUGO SÁNCHEZ MERCADO: por sus enseñanzas y apoyo incondicional brindado en el asesoramiento y desarrollo del presente Informe de Ingeniería.

A los Ingenieros de la Facultad de la Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín, mi más sincero respeto y agradecimiento por sus valiosas enseñanzas impartidas como parte de mi formación profesional.

A mis amigos: quienes de alguna u otra forma me apoyaron tanto en mi vida universitaria, en el desarrollo y culminación del presente informe.

ÍNDICE GENERAL

	PAG.
Dedicatoria.....	III
Agradecimiento.....	IV
Resumen.....	V
Índice General.....	VI
Capítulo 1 INTRODUCCIÓN	
1.1. Introducción.....	1
Capítulo 2 MARCO TEÓRICO	
2.1. Introducción.....	4
2.2. Definición de la calidad total.....	5
2.3. Proceso de la calidad total.....	6
2.4. Impacto de la calidad en empresas de construcción.....	7
2.5. Estrategia para lograr la calidad.....	7
2.6. Ventajas de la calidad en empresas de construcción.....	9
2.7. Métodos para evaluar y controlar la calidad.....	10
2.7.1. Técnicas de Bench parking.....	11
2.7.2. Costo de la mala calidad.....	13
2.7.3. Soluciones con tormentas de ideas.....	13
2.7.4. Lista de comprobación	14
Capítulo 3 PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN	
3.1. Introducción.....	15
3.2. Definición de productividad.	15
3.3. Impacto de la productividad en empresas de construcción.....	16
3.4. Estrategias para mejorar la productividad.....	17
3.5. Ventajas de la productividad en empresas de construcción.....	18
3.6. Métodos para evaluar y controlar la productividad.....	19
3.6.1. Estudio de trabajo.....	19
3.6.1.1. Estudio de Métodos.....	20

3.6.1.2. Medición del trabajo o Estudio de tiempo (o plazos).....	22
--	----

Capítulo 4 PLANEACIÓN TRADICIONAL

4.1. Introducción.....	28
4.2. Codificación de las actividades.....	28
4.2.1. Flechas.....	28
4.2.2. Nodos.....	29
4.2.3. Actividades ficticias.....	30
4.2.4. Método de numeración de los eventos.....	30
4.3. Reglas básicas para la construcción de una red de CPM.....	30
4.4. Cálculo de tiempo de los eventos.....	31

Capítulo 5 RESULTADOS CASOS DE ESTUDIO: ANÁLISIS DE LA CALIDAD Y LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN AULA DIDÁCTICA.

5.1. Información general.....	61
5.1.1. Nombre del proyecto.....	61
5.1.2. Ubicación de la obra.....	61
5.1.3. Dependencia responsable del proyecto.....	61
5.1.4. Procedimiento constructivo.....	61
5.2. Programación.....	62
5.3. Medición de la productividad.....	64
5.3.1. Aplicación del modelo de los factores.....	65
5.3.2. Aplicación de medición del trabajo o estudio de tiempos....	68
5.3.2.1. Tolerancia de Relajación.....	70

Capítulo 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones y Recomendaciones.....	74
Bibliografía.....	77

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN

Está empezando el siglo XXI y los tiempos que corren son cada vez más difíciles para toda organización debido al proceso de cambio acelerado y de competitividad global, provocado por la liberalización de las economías y el libre mercado, que vienen a caracterizar el entorno de convivencia para el sector empresarial. En este contexto, las empresas tienen que continuar asumiendo el protagonismo que les corresponde para contribuir al crecimiento y desarrollo del país, logrando mayor eficiencia al brindar productos y servicios de calidad.¹ Hoy más que nunca parece existir un amplio consenso respecto a la urgente necesidad de que las empresas funcionen correcta y competitivamente; es decir, productivamente y con calidad.

Hasta hace unos años el sistema proteccionista en nuestro país, como en el resto de Latinoamérica, había impedido valorar las difíciles condiciones de la competencia internacional y los mayores niveles de exigencia de los clientes y consumidores, quienes exigen mayor calidad en los productos, seguridad en las entregas, precios razonables y excelencia en la atención. La dura realidad iniciada en los años ochenta y los efectos de la globalización de los años noventa, está despertando bruscamente a todas las organizaciones de los países subdesarrollados, obligándolas a buscar afanosamente nuevas estrategias para adaptarse con éxito a la creciente competencia.

El mejoramiento continuo es una de las estrategias que las empresas mexicanas en la industria de la construcción han comenzado a implementar para el desarrollo de sus actividades, basándose en los conceptos de calidad total y productividad. La calidad como lo refiere Ricchard J.

Schonberger (1987), uno de los expertos en esta materia, "... la calidad es como el arte. Todos la alaban, todos la reconocen cuando la ven, pero cada uno tiene su propia definición de lo que es"; este concepto está basado en principios entre los cuales se encuentran la orientación al cliente, las mejoras continuas y el trabajo en equipo.

Los anteriores también son una estrategia administrativa dentro del movimiento de calidad, el cual considera e interrelaciona aspectos técnicos, humanos y materiales a través de un enfoque de sistemas, integración, estrategias y mejora continua.

En estos tiempos el cliente al que enfrentan las empresas en el mercado es un cliente evolucionado, más informado, más atento y racional en sus elecciones, transformándolo en un consumidor más exigente. Este cliente no está dispuesto a tolerar la falta de calidad, el mal servicio y no acepta excusas, por lo que la calidad total representa una forma de no ir a la zaga de las exigencias del cliente sino, por el contrario, de suscitar continuamente su curiosidad, captar sus exigencias y aumentar permanentemente su satisfacción. Si se suma a esto que la calidad es una oportunidad de incrementar la riqueza y que es rentable, es decir, que los procesos se supervisan desde su origen evitando costos innecesarios y garantizando al final productos bien elaborados, se puede suponer que las empresas que se caracterizan por la calidad de sus productos y de sus servicios sobreviven en el mercado, alcanzan notoriedad y prosperan; la calidad sin duda ha sido el concepto soporte más importante para la competitividad.

Las empresas constructoras no han sido ajenas a esta nueva filosofía, y hoy en día se preocupan más por el aspecto corporativo de la misma cuidando la calidad de su producto para que puedan mantenerse en el

medio, cosa que hasta hace pocos años era de interés solamente para las empresas manufactureras y de servicio.

Por otro lado, la productividad es considerada como la clave para la rentabilidad del negocio; es el resultado de cómo se administran los procesos para la producción de bienes o servicios con base en la implantación de innovaciones tanto en lo que se refiere a los productos como a sus procesos.

Para que un proceso mejore, se requiere que sucedan cuatro cosas simultáneamente:

- Querer mejorar (incluye la actitud).
- Poder mejorar (incluye el saber cómo y el tener con qué).
- Actuar en consecuencia (incluye la aceptación y la voluntad).
- Deseo de la gerencia (incluye una nueva visión).

CAPÍTULO 2

MARCO TEORICO

CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

2.1. Introducción.

Como se menciona en el capítulo anterior, el proceso de globalización de la economía hace que la competencia entre países y entre empresas sea en la actualidad más intensa.

Consumidores más educados, más exigentes y con más opciones para satisfacer sus necesidades contribuyen a la presión que reciben las empresas por parte de los mercados para mejorar su competitividad. Por ello, es necesario que las empresas, incluyendo en la industria de la construcción, inviertan tiempo y capital en el mejoramiento de la calidad de sus productos y sus directivos logren el mejoramiento de la Calidad Total en todos los niveles de su empresa.

Un Famoso Director General de una famosa empresa expresó que las empresas peruanas no podrán competir en los mercados internacionales si no mejoran en áreas como: calidad, productividad y distribución.

Además, el acceso de los productos y servicios peruanos a los mercados mundiales sólo estará disponible para aquellas empresas que certifiquen la calidad; debido a que en los últimos años la certificación de la calidad se ha convertido en la carta de presentación de las empresas para ingresar a nuevos mercados.

2.2. Definición de calidad total.

Para comprender el concepto de Calidad Total es necesario definir el concepto de calidad, el cual consiste en cumplir con los requerimientos o especificaciones del cliente, a través de la comparación de estándares para lograr la satisfacción plena del cliente.

El concepto de Calidad Total se origina a partir del concepto ampliado de control de calidad (técnicas y actividades para asegurar que se cumple con las especificaciones del cliente). La calidad es total porque comprende e involucra todos y cada uno de los aspectos y personas de la organización. La calidad tradicional trataba de arreglar la calidad después de cometer errores, pero la calidad Total se centra en conseguir que las cosas se hagan bien a la primera.

Por lo tanto, la Calidad Total significa reunir los requisitos convenidos con el cliente y superarlos (debemos partir por ser exactos con los requisitos o especificaciones); con esta concepción de Calidad Total, se supera la imprecisión del pasado, no sólo tiende a ser exacta sino además medible.

La Calidad Total significa un cambio de paradigmas en la manera de concebir y gestionar una organización.

Uno de estos paradigmas fundamentales y que constituye su razón de ser, es el perfeccionamiento constante o mejoramiento continuo. La Calidad Total comienza comprendiendo las necesidades y expectativas del cliente para luego satisfacerlas y superarlas.

2.3. Proceso de la calidad total.

El control de calidad moderno comenzó en las primeras décadas del siglo XX con la aplicación del cuadro de control Shewhart de Bell Laboratories. La segunda guerra mundial dio la pauta de inicio para la aplicación de la calidad total ya que fue necesario producir artículos militares de bajo costo a gran escala, así como el control de calidad estadístico que estimuló los avances tecnológicos.

En el campo de la administración durante la posguerra, Japón mantenía utilizando el método de Taylor, que exigía a los obreros especificaciones estrictas enfocándose hacia la producción y costo, pero no en la calidad. Seguía siendo la época de los productos "baratos y malos". Más tarde, el Dr. Deming, enseñó a la industria japonesa a utilizar la estadística como lenguaje común para mejorar los procesos productivos y así lograr el involucramiento de los trabajadores en todos los niveles. La calidad ha ido evolucionando por etapas a lo largo de cuatro eras, a saber:

1. La de Inspección (siglo XIX) que se caracterizó por la detección y solución de problemas generados por la falta de uniformidad del producto.
2. La era del control estadístico del proceso (1930 a 1940), enfocada al control estadístico de los procesos y reducción de los niveles de inspección.
3. La era del aseguramiento de la calidad (década de 1950), cuando surge la necesidad de involucrar a todos los departamentos de la organización en el diseño, planeación y ejecución de políticas de calidad.

4. Finalmente, la era actual de la administración estratégica de la calidad se concibe como una oportunidad de competitividad.

2.4. Impacto de la calidad en empresas de construcción.

Con la presión que ejercen otras empresas y las exigencias de los clientes, las empresas en el área de construcción como otras empresas que se preocupan por ser más competitivas, han tenido que: Crear una cultura y ética de trabajo, en la cual cada empleado asume su responsabilidad para lograr el mejoramiento de la calidad. Dedicar todo su esfuerzo para satisfacer los requerimientos del cliente. Desarrollar un ambiente de trabajo disciplinado, orientado al trabajo en equipo, motivando a cada persona a rendir su máximo esfuerzo. Medir causales de incumplimiento. Mejorar los canales de comunicación interdepartamentales. Capacitar a su personal con respecto a la cultura de calidad. La creación de una cultura ética de trabajo en la cual cada empleado realice sus tareas de la mejor manera, con la mejor calidad para resolver problemas y satisfacer los requerimientos de los clientes (externos e internos), así como tener un ambiente de trabajo disciplinado, orientado al trabajo en equipo y en donde cada persona expanda su creatividad y encuentre su máximo desarrollo, es un proceso que busca la satisfacción de todo aquel que se encuentre involucrado, tanto fuera como dentro de la misma empresa. Así como importa el cliente, también importa el empleado, el proveedor, es decir, todos aquellos que integran la sociedad de la empresa.

2.5. Estrategias para lograr la calidad.

Algunas estrategias que podrían implementar las empresas de construcción que se preocupan por realizar sus actividades y productos de calidad, serían:

- Visitar a proveedores y subcontratistas para comprobar su aptitud para la ejecución de trabajos para la obra.
- Calibrar sus equipos, por ejemplo de topografía, manómetros de la prensa de rotura de probetas, entre otros utilizados en diferentes actividades de una obra.
- Calificar el personal que participará en la ejecución de la obra.
- Contratar cursos o charlas necesarias para mejorar los resultados de obra, etc.

Empresas de otras industrias, como por ejemplo manufacturera, han desarrollado diferentes actividades para mejorar la Calidad Total de su empresa, que se podrían implementar en la industria de la construcción, las cuales se basan en desarrollar internamente y en las personas que se relacionan con la empresa (proveedores, distribuidores, entre otros) una cultura de calidad, la cual se basa principalmente en el trabajo en equipo, en la capacitación de los directivos para que se comprometan con esta cultura y en el desarrollo de hábitos, costumbres y actitudes congruentes con los principios de Calidad Total en sus individuos y organizaciones de las cuales se apoyan.

Es necesario que las empresas en el área de construcción identifiquen los parámetros, procesos y estrategias de valor que satisfacen las necesidades y expectativas del cliente, es decir, que incluyan el valor del cliente como objetivo fundamental. Para lograr esto, es necesario crear programas para el mejoramiento continuo en el servicio a clientes, en actividades relacionadas con la construcción de la obra y en la innovación de productos que satisfagan las necesidades de los clientes, utilizando metodologías para el mejoramiento continuo de procesos sencillos o complejos y la

reformulación de los diferentes procesos en obra mediante el análisis de las prácticas y procedimientos de los mejores competidores en industrias de la construcción.

El mejorar la comunicación interdepartamental en la empresa ayuda a que no queden dudas sobre cómo realizar el trabajo, a medir causales de incumplimiento y a implementar el trabajo en equipo, como elemento necesario para lograr la calidad, empleando dinámicas de cooperación y coordinación de equipos, creando la participación, involucramiento y comportamiento cooperativo que son herramientas básicas y necesarias para consolidar y hacer fuerte una empresa.

2.6. Ventajas de la calidad en empresas de construcción.

Mediante el afianzamiento de la aplicación de la filosofía de la calidad al negocio de la construcción, se logra que las empresas en este negocio puedan ser más competitivas, entendiéndose por esto, que sus ineficiencias no son cargadas a sus precios, al contrario, podrán mejorar sus precios sin afectar fuertemente a sus utilidades.

Una vez que las empresas han implementado el sistema de calidad total en sus operaciones y servicios, han logrando incrementar la productividad y la reducción de desperdicios, lo cual las ha llevado al afianzamiento de la imagen de su empresa y al mismo tiempo, han visto que sus clientes tienen mayor confianza en sus servicios, dado que su satisfacción es máxima, lo que conlleva a una mejora en el posicionamiento de su mercado competitivo.

Si se construye con calidad se tendrá la certeza de una mayor capacidad de resistencia, aguante y manejo de las obras civiles, por ejemplo frente a movimientos telúricos, como dijo el Ing. Kuroigu profesora de la Escuela de

Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, teniendo controlada la calidad en la empresa, el tiempo de respuesta a problemas y necesidades es mínimo, como también los costos.

No necesariamente es competitiva la empresa que mejor precio ofrece al mercado, sino aquella que ofrece mejor calidad, innovación, tecnológica y satisfacción plena al cliente.

2.7. Métodos para evaluar y controlar la calidad.

Algunas personas sostienen que la administración de la calidad total es muy vaga y que dicha indefinición crea problemas para las empresas deseosas de lograr una calidad total. Por consiguiente, es importante llevar acabo mediciones, ya que si una empresa no mide su desempeño actual, no le será posible fijar objetivos. Y sin objetivos no hay manera de medir el progreso.

Las empresas que se reconocen por la preocupación de obtener una calidad total, registran mediciones indicativas de lo que realmente está sucediendo en el negocio. Estas mediciones ayudan a las compañías a predecir los cambios en el nivel de ingresos. Entre estas mediciones, tenemos (Kit Sadgrove, 1997):

- **Productividad:** Es una medición fácil, pues toda empresa sabe cuánto produce. La tarea consiste entonces en fijar metas de mejoras.
- **Desempeño financiero:** Las empresas generan registros financieros detallados, pero estas cifras no siempre son informativas; por esta razón, se utilizan razones financieras que permiten determinar el progreso corporativo. Es conveniente hacer notar que, aun cuando los datos financieros reflejan los éxitos o fracasos, no explican por qué han aumentado o disminuido los ingresos.

- Calidad de la producción: Se centra en medir el servicio al cliente.
- Satisfacción del cliente: La organización debe verificar su respuesta a las demandas de los clientes (tiempos de entrega, confiabilidad, entre otros). También puede referirse a medir la lealtad de los clientes y el número de quejas.
- Actitudes del personal: Si los obreros y empleados están desmotivados, la calidad de la obra o producto declinará y lo mismo sucederá con la productividad.
- Higiene, seguridad y medio ambiente. Una empresa constructora medirá el número de accidentes anuales.

Las mediciones ayudan a la empresa a evaluar las mejoras y determinar los ahorros logrados. Resulta especialmente importante contar con registros de mediciones antes de iniciar los proyectos de mejoras; de otra manera, no sería posible apreciar el efecto real de un programa de calidad total.

Una vez que se comienzan a obtener mejoras, es muy difícil conocer cuál era la situación antes de iniciar el programa.

2.7.1. Técnicas de Benchmarking.

Las técnicas de referenciación o benchmarking sirven para preguntarse: "¿Qué tan bueno es nuestro desempeño con respecto al de nuestros competidores en los aspectos importantes para los clientes?" Entre dichos aspectos están el buen diseño, una alta calidad de respuesta o el apoyo técnico.

Primero se investiga cuáles son los factores importantes o que sentimos que no son muy competitivos. Después se analiza cómo se comparan con los de los competidores y si es necesario se aplican mejoras. De esta manera, el benchmarking asegura que su empresa está a un nivel igual o superior al de sus mejores competidores en el mercado.

No siempre es fácil obtener información sobre los competidores. Por otra parte, medir el desempeño de empresas no competidoras puede ser poco indicativo. Algo de información puede obtenerse de los reportes anuales o de publicaciones especializadas. Las entrevistas con clientes también generan datos informativos. Algunas asociaciones industriales publican datos globales de su sector.

Ciertas empresas efectúan su benchmarking con respecto a sus propios datos históricos, pero el mejor método consiste en compararse contra las mejores empresas del mundo.

Este método es utilizado por algunas empresas temerosas de estar cediendo terreno. Los verdaderos líderes del mercado no suelen mirar por encima del hombro, están demasiado ocupados en su siguiente etapa estratégica. Por tanto, no es conveniente considerar al benchmarking como la principal herramienta empresarial. Sin embargo, si no compara su desempeño con las demás empresas, le será difícil saber que tan buena es su empresa.

2.7.2. Costo de la mala calidad.

La mala calidad tiene un costo, cada vez que un obrero hace mal alguna pieza en la obra, la empresa necesita gastar tiempo y dinero en corregir la situación. La pieza dañada puede estarlo a tal grado

que constituya un desperdicio, se ha perdido el costo de los materiales y de la mano de obra utilizados. Sin embargo, pocas empresas conocen su verdadero "costo de la mala calidad".

El tiempo aplicado a la prevención de defectos es un tiempo útil, pues evita la ocurrencia de errores. El tiempo utilizado en la evaluación de los defectos es un desperdicio, pues los errores ya ocurrieron.

2.7.3. Soluciones con tormentas de ideas.

Toda organización necesita pensamiento creativo y nuevas ideas. Una de las mejores técnicas a este respecto es la de tormenta de ideas.

En una sesión de tormenta de ideas, se alienta a todos los participantes a expresar sus ideas; todas las ideas se escriben en las hojas de un rotafolio que se adhieren a los muros, sin permitir que alguien critique alguna idea, pues ello desmotivaría a los participantes a expresarse libremente.

Conviene fijar una meta de un número de ideas definido para luego, al haber alcanzado el número acordado, éstas puedan analizarse para implementar las mejores.

2.7.4. Listas de comprobación.

Otra herramienta dentro del concepto de calidad que se debe emplear, es una lista de comprobación, utilizada por el residente de obra para minimizar defectos de construcción durante la ejecución del proyecto, la cual se aprecia en la tabla de abajo:

No.	Aspecto Revisado	Calificación	Observaciones
1	Dimensiones de acuerdo a planos		
2	Verticalidad de muros		
3	Aparición de grietas o defectos en acabados		
4	Desperdicio de materiales		

CAPÍTULO 3

PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

3.1. Introducción.

La productividad ha sido objeto de estudio por parte de todo tipo de industrias y empresas, especialmente en esta época donde la competencia obliga a que los niveles de productividad sean cada vez más altos, sin embargo, en la industria de construcción en México son pocos los estudios de productividad que se han realizado, porque se desconocen metodologías para efectuarlos y se piensa que por el costo relativamente bajo de la mano de obra es ilógico incurrir en gastos de este tipo, por este motivo se desconoce la utilidad que tienen estos estudios en la planeación y control de una obra, especialmente en lo referente al rendimiento y hacer mejor uso del recurso "tiempo". Como resultado de la carencia en nuestro medio de herramientas metodológicas de estudio de productividad en construcción y reconociendo su importancia, se elaboró el presente trabajo; en este capítulo se deja claro el concepto de la productividad, el impacto en empresas de construcción, ventajas y desventajas y se proponen metodologías para lograr el mejoramiento de la productividad, que permite cuantificarla e identificar los factores que la afectan.

3.2. Definición de productividad.

De acuerdo con la revista Bit (2001), en su artículo Índice de productividad en la construcción: Mito o Realidad, por productividad debemos entender la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla. Estos recursos productivos, incluyen el factor trabajo, capital y otros insumos como la tierra, energía, materias primas e incluso, la información.

Por lo tanto, productividad se define como la relación entre producción final y factores productivos (tierra, equipo y trabajo) utilizados en la producción de bienes y servicios. De un modo general, la productividad se refiere a lo que genera el trabajo, la producción por cada trabajador, la producción por cada hora trabajada o cualquier otro tipo de indicador de la producción en función del factor trabajo. Una productividad mayor significa hacer más con la misma cantidad de recursos o hacer lo mismo con menos capital, trabajo y tierra.

Adicionalmente Niebel (2001), escribe que el mejoramiento de la productividad se refiere al incremento de la producción por hora-trabajo o por tiempo gastado. Como base fundamental para el mejoramiento de la productividad se encuentran los recursos humanos, ya que estos son el capital más importante de toda la empresa. *“Algunos mencionan el capital como el recurso esencial para el desarrollo industrial y otros mencionan la tecnología como el factor que incrementa la misma. Si bien estos recursos son importantes, el capital puede ser desperdiciado por las personas y la tecnología no sirve de nada sin personas que se comprometan y aprendan a utilizarla bien”* (Miyai, Centro de Productividad de Japón).

3.3. Impacto de la productividad en empresas de construcción.

La situación de la industria de la construcción en los últimos años, los problemas generados por las altas tasas de desocupación laboral, el generalizado sentir de frustración de la sociedad por el gran esfuerzo que requiere mantenerse y desarrollarse, donde la consigna es competir en precio y calidad para mantenerse en el mercado, debido a una economía asignada por los cambios operados en el mundo de la globalización, induce a pensar con mayor intensidad en la “Productividad”, como elemento generador de “competitividad”, ya que ésta surge como una condición sustancial para el desarrollo económico y progreso social.

Al incrementar la competitividad y la productividad de la industria de la construcción, se pueden inferir los efectos positivos potenciales en los demás sectores, en el empleo, en el crecimiento que genera la industria de la construcción y esto constituiría a nivel nacional, el beneficio económico y social por lograr.

En la necesidad de incrementar la productividad, las empresas han tenido que mejorar los aspectos de calidad, el marco reglamentario, la capacitación y adiestramiento y las innovaciones, en pro de aumentar su nivel de participación dentro de la competencia que existe entre las empresas de esta industria. En éstas, los recursos humanos, técnicos, económicos, materiales y equipo son motivo y objeto permanente de optimización a través del incremento de su productividad, a fin de reducir costos en los bienes y servicios que se proporcionan a la comunidad.

Los índices de productividad coadyuvan asimismo en el establecimiento de metas realistas y puntos de control para llevar a cabo actividades de diagnóstico durante un proceso de construcción; señalando los estrangulamientos y trabas del rendimiento. Además, sin un buen sistema de medición no puede existir mejora en las relaciones de trabajo o una correspondencia entre las políticas relativas a la productividad, los niveles salariales y la distribución de las ganancias.

3.4. Estrategias para mejorar la productividad.

- Asesoramiento práctico (ayudar en el "cómo hacer" en lugar de imponer el "usted debe").
- Identificar y aplicar soluciones de bajo costo.
- Desarrollar soluciones orientadas a mejorar simultáneamente las condiciones de trabajo, la calidad de la construcción y la productividad del trabajo.

- Concebir mejoras adaptadas a las situaciones reales totales. Poner énfasis en la obtención de resultados concretos.
- Vincular las condiciones de trabajo con los demás objetivos gerenciales.
- Usar como técnica el aprendizaje a través de la práctica.
- Alentar el intercambio de experiencias.
- Promover la participación de los trabajadores.
- Diseñar correctamente los puestos de trabajo.
- Usar eficientemente la maquinaria.
- Tener servicios de bienestar en el lugar de trabajo.
- Mejorar las condiciones y el medio ambiente de trabajo.

3.5. Ventajas de la productividad en empresas de construcción.

- Mayor competitividad.
- Satisfacción del cliente.
- Confianza de clientes y proveedores.
- Permanencia en el mercado a mediano y largo plazo.
- Disminución y cumplimiento de los plazos de entrega.
- Disminución de costos.
- Uso eficiente de los recursos naturales y de la fuerza laboral, logrando con esto la reducción de desperdicios de materias primas.
- Eliminación de desplazamientos innecesarios de materiales y de trabajadores.
- Evita atrasos en las fechas de terminación de cada elemento en la obra.
- La reducción de los tiempos muertos de máquinas.
- Ahorro de energía.
- Se incorporan medidas serias para controlar los efectos negativos para el entorno de accidentes imprevistos.
- Recuperación de espacios de trabajo inutilizados.
- Disminución de la rotación del personal.

- Mejoramiento continuo del capital humano y de un entorno que fomente la creatividad y la innovación, así como las relaciones laborales entre trabajadores.

3.6. Métodos para evaluar y controlar la productividad.

En esta sección se muestran diferentes métodos para obtener una mejor productividad.

Encontrando en su desarrollo el Estudio de Trabajo que trata de las técnicas de estudio de métodos, estudio de tiempos y control de retrasos de los períodos de tiempo. También, el Muestreo de actividades, que describe un método para comprobar la productividad sin tener que esperar hasta que finalice una fase de trabajo o tener que seguir las operaciones de forma continua. Y por último Incentivos, que asocia el uso de los esquemas de incentivos económicos como elemento base para que las personas trabajen de forma positiva, logrando un mayor rendimiento individual y reduciendo el tiempo de realización de la actividad.

3.6.1. Estudio de Trabajo.

Se entiende por estudio del trabajo genéricamente a ciertas técnicas que se utilizan para examinar el trabajo humano en todos sus contextos y que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada con el fin de efectuar mejoras. El estudio del trabajo tiene dos aspectos muy importantes y bastante diferenciados:

- Encontrar un mejor modo de realizar una tarea.
- Determinar cuánto se debe tardar en esa tarea.

Así, el estudio del trabajo consta de dos técnicas relacionadas entre sí. La primera, el estudio de métodos, se ocupa del modo de hacer un trabajo. La segunda, la medición del trabajo, tiene como meta averiguar cuánto tiempo se requiere para ejecutarlo.

La relación entre el estudio del trabajo y la remuneración, sea ésta el salario o un incentivo, es directa y muy importante mientras más complicado sea un trabajo, es decir, mientras más preparación y calificación requiera el individuo que desarrolla el trabajo, mayor va a ser la compensación y mientras mejor lo haga, entonces se merece ganar el incentivo.

3.6.1.1. Estudio de Métodos.

Es el registro de los procedimientos de trabajo y examen crítico sistemático de los modos de realizar actividades con el fin de efectuar mejoras.

Surgen muchas situaciones en el trabajo de construcción, que se podrían identificar y mejorar al introducir el estudio de métodos. Dichas situaciones podrían manifestarse con los siguientes síntomas:

- Recurrir a un exceso de horas extras laborales.
- Si existen cuellos de botella en el flujo de materiales.
- Un excesivo desperdicio de materiales.
- Frecuentes averías en la maquinaria.
- Trabajos que provocan agotamiento físico.
- Un programa atrasado.
- Mala calidad en la ejecución de los trabajos.
- Retrasos provocados por subcontratistas, o subcontratistas afectados por retrasos.
- Excesivos fallos y errores.

- Escasez de recursos.
- Información insuficiente.
- Obra congestionada.
- Malas condiciones de trabajo.
- Costes excesivos.
- Alta rotación de personal.
- Trabajos temporales mal programados.
- Mala distribución de la obra.

Los pasos a seguir en el estudio de métodos sirven para analizar y reducir los problemas mencionados en la lista anterior mediante una serie de medidas que veremos a continuación:

1. *Obtención de los hechos:* Reunir todos los hechos importantes en relación al producto.
2. *Presentación de los hechos:* Toda la información se registra en orden para su estudio.
3. *Efectuar un análisis:* Para decidir cual alternativa produce el mejor servicio o producto. El análisis requiere un examen crítico de cada operación registrada, en forma de preguntas y respuestas.
4. *Desarrollo del método ideal:* Seleccionar el mejor procedimiento para cada operación.
5. *Presentación del método:* A los responsables de su operación y mantenimiento.

6. *Implantación del método:* Considerando todos los detalles del centro de trabajo.
7. *Desarrollo de un análisis de trabajo:* Para asegurar que los operadores están adecuadamente capacitados, seleccionados y estimulados.
8. *Establecimiento de estándares de tiempo:* Estos deben ser justos y equitativos.
9. *Seguimiento del método:* Hacer una revisión o examen del método implantado a intervalos regulares.

3.6.1.2. Medición del trabajo o Estudio de tiempos (o plazos).

Es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea según una norma de rendimiento preestablecida. Es necesario disponer de dicha información durante el proceso de estimación, para poder establecer incentivos económicos, como parte de los datos del estudio de métodos y también se puede emplear para contrastar los niveles de ejecución reales con los niveles teóricos.

El propósito de la medición del trabajo es averiguar cuánto debe tardarse en realizar el trabajo. Esta información se puede usar para dos objetos principales:

- En primer lugar, se puede emplear retrospectivamente para valorar el rendimiento en el pasado.
- En segundo lugar, se puede utilizar mirando hacia adelante, para fijar los objetivos futuros.

Las aplicaciones de datos de medición del trabajo son muy amplias y se pueden utilizar en:

- La determinación de niveles de mano de obra en actividades de la construcción.
- La determinación de niveles de referencia de utilización de maquinaria y rendimiento humano.
- Proporcionar las bases para metas de incentivos financieros seguros.
- Proporcionar las bases para el control de costes fijando niveles de referencia para los objetivos de rendimiento.
- La determinación del método más económico entre las alternativas.

Se necesitan datos precisos de los plazos para estimadores y planificadores a la hora de contratar organizaciones. El método de estudio de plazos intenta cuantificar los factores que interfieren con las condiciones normales para poder establecer un plazo "correcto" para el trabajo en cuestión, como son: la habilidad del trabajador, el estado de los quipos empleados, entre otros. El procedimiento a seguir para la medición del trabajo es el siguiente:

1. El trabajo a observar se deberá dividir en elementos, para facilitar su posterior síntesis. Así, una observación directa, no sería necesaria una vez que la base de datos esté lo suficientemente desarrollada, para incluir la mayor parte de los elementos o tareas de la construcción.

2. Contar con los equipos básicos para lograr la medición y el registro de información relativo al avance de la obra que consisten en un cronómetro, una tabla de estudio y unas hojas de estudio de plazos preparados con antelación, además de una calculadora de bolsillo, una cinta métrica, un micrómetro, entre otros, según el tipo de trabajo en cuestión.
3. Hablar con los trabajadores y con su encargado para explicarles el objetivo del ejercicio. En la mayor parte de los casos los trabajadores desean colaborar si el estudio va a tener como resultado unos ingresos más elevados o un trabajo menos fatigoso.
4. Es aconsejable elaborar un croquis del trabajo y anotar los detalles generales como las condiciones meteorológicas y las condiciones en la obra, la fecha, la hora, apuntes sobre el acceso al lugar de trabajo, proximidad de suministros, herramientas y equipos a utilizar, mencionando algunos ejemplos.

Sin embargo, debido a que el objetivo del estudio es obtener un plazo de tiempo realista para el elemento, el observador deberá juzgar el ritmo de trabajo efectivo de las personas bajo observación, ya que el tiempo empleado por un trabajador u otro diferente para hacer la misma tarea puede variar. Este proceso es denominado clasificación. Es necesario que el profesional de estudio de plazos tenga un concepto determinado de clasificación estándar, lo cual se logra en base a la experiencia, al juzgar distintas velocidades de movimiento, esfuerzo,

constancia y destreza. Según Frank Harris y Ronald McCaffer el BS (British Estándar Glossary) 3138 define la clasificación estándar como: “La clasificación correspondiente al ritmo medio por el que trabajadores calificados ejecutan una tarea, siempre y cuando se atengan al método especificado y se encuentren motivados para realizar la labor. Si se mantiene la clasificación estandarizada y se disfrutan de los descansos correspondientes, un trabajador logrará un rendimiento estándar durante el día o turno laboral”.

El profesional deberá poder diferenciar entre ritmos rápidos, medios o lentos; por tal motivo y para facilitar una descripción adecuada de la medición de la velocidad, el BS propone una escala según los distintos niveles de rendimiento de un trabajador, basados en un periodo corto de tiempo, y esta es:

- 125: Muy rápido; mucha destreza; alta motivación.
- 100: Activo; destreza especializada; motivado.
- 75: No muy rápido; destreza media; poco interés.
- 50: Muy lento; sin destreza; sin motivación.

El plazo básico o normal para la ejecución de un trabajo se calcula de la siguiente manera:

$$PB = \text{Tiempo observado} \times \left(\frac{\text{Clasificación estimada}}{\text{Clasificación estándar}} \right)$$

Esto es, que el plazo básico o normal es el tiempo que un trabajador especializado tarda en realizar una tarea específica a un nivel determinado de ejecución.

En la práctica no se espera que un trabajador alcance este nivel si no toma el descanso necesario.

Factores que afectan la clasificación:

- El observador deberá tomar precauciones contra las malas prácticas.
- El observador deberá tratar de estimar el nivel de esfuerzo real necesario para ejecutar el trabajo en cuestión.
- Factores que influyen en el plazo de observación pero no en la clasificación:
 - o Calidad de las herramientas empleadas.
 - o El tipo y la calidad del material sobre el que se está trabajando.
 - o Condiciones laborales.
 - o El periodo de aprendizaje necesario antes que el trabajador esté familiarizado con la tarea.
 - o Interrupción en el suministro de materiales.
 - o La supervisión.
 - o Las especificaciones de calidad, entre otros.
- Factores atribuibles al trabajador:
 - o Nivel de inteligencia y estudios.
 - o Actitud y motivación.

- o Aptitud y formación.
- o Disciplina y organización personal.
- o Salud.
- o Nivel de fatiga.

Es difícil determinar el tamaño correcto del muestreo, pero se deberán realizar las suficientes observaciones para cubrir los posibles cambios que se puedan llevar a cabo.

CAPÍTULO 4

PLANEACIÓN TRADICIONAL

4.1. Introducción.

En el presente capítulo, se resume la teoría básica del método de ruta crítica, utilizada tradicionalmente en la planeación y control de todo tipo de proyectos de construcción. Este método de la ruta crítica conocido como CPM por sus siglas en inglés, en esencia consiste en la representación del plan de un proyecto a través de un diagrama esquemático o red que bosqueja tanto la secuencia y la interrelación de todos los componentes del proyecto, como el análisis lógico y la manipulación de dicha red para determinar el mejor programa general de operación.

La red está orientada por actividades representadas por flechas que llegan a cada nodo indicados por círculos que representan un evento.

Generalmente, la longitud de la flecha no tiene significado y solo indica el paso del tiempo en una dirección dada. El inicio de todas las actividades que parten de un nodo dependen de la terminación de todas las actividades que llegan a él; por ello, el evento que representa cualquiera no se logra hasta que todas las actividades que concurren no han terminado.

4.2. Codificación de las actividades.

4.2.1. Flechas.-

Se utilizan para señalar una actividad; la cola representa el inicio y la punta la terminación de la misma; la dirección convencional es de izquierda a derecha. Las flechas no tienen a escala, excepto para

diagramas a escala de tiempo, y deben ser horizontales o inclinadas pero siempre con dirección hacia el frente.

Ejemplos:

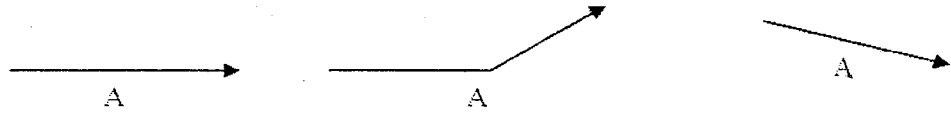


Fig. 4.- Flechas

4.2.2. Nodos.-

Los nodos representan un evento y no tienen duración. Toda actividad está ligada a dos eventos. Se representan con círculos; el evento i corresponde a un punto en el tiempo en el cual para que suceda, todas las actividades que le preceden deben estar terminadas. El evento j ocurre al final de una o varias actividades.

Ejemplo:

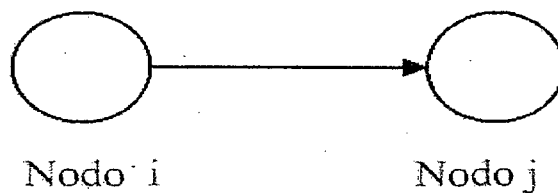


Fig. 5.- Nodos

4.2.3. Actividades ficticias.-

Se representan por medio de flechas con línea punteada y no tienen duración. Se utilizan únicamente para indicar una dependencia en la secuencia lógica de las actividades normales.

Ejemplo:

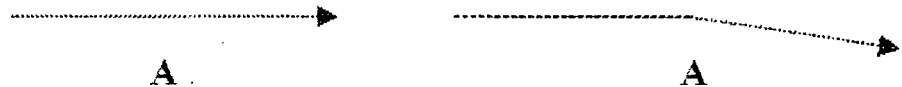


Fig. 6.- Actividades ficticias

4.2.4. Método de numeración de los eventos.-

Una vez que la red está formada, los eventos se numeran barriendo de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, utilizando números pares, dejando los impares para el caso de que se haya omitido alguna actividad.

4.3. Reglas básicas para la construcción de una red de CPM.-

Deberán seguirse 5 pasos sencillos que se enlistan a continuación:

- Antes de que una actividad comience, todas las actividades precedentes deben estar terminadas.
- Las flechas indican solamente precedencias lógicas
- Los números de los eventos no deben duplicarse.
- Cualquiera de dos eventos puede estar directamente conectado por no más de una actividad.

- e) La red tiene un solo evento o nodo inicial y uno final.

Un punto importante que debe observarse en el método es que consiste en un proceso abierto que permite diferentes grados de intervención por la dirección de acuerdo a las distintas necesidades y objetivos que se tienen en el proyecto.

4.4. Cálculo de tiempo de los eventos.-

Los eventos son un punto en el tiempo, sin duración y solamente suceden, por lo que el evento tendrá cuatro tiempos de ocurrencia.

INTRODUCCIÓN.-Cada vez existe más COMPETITIVIDAD en el mundo de la Construcción, para ello tenemos que mejorar la CALIDAD de nuestro servicios y productos, ser más eficientes y mejorar continuamente nuestra PRODUCTIVIDAD.

La calidad y la Productividad son las caras de una misma moneda y los rieles de una misma vía que conducen a la Competitividad, es decir al Éxito.

David J. Sumanth nos dice: " El nivel de vida y la tasa de crecimiento de la productividad de cualquier país tienen mucho que ver con su nivel o calidad de vida, tasa de inflación, tasa de desempleo y con todos aquellos indicadores económicos que proporcionan una semblanza del grado de bienestar social y económico".

El Dr. Edward Deming, en su afamada obra: "Calidad, Productividad y Competitividad: la salida de la crisis ", interrelacionó estos conceptos y determinó el llamado Efecto Deming o Reacción en Cadena de Deming, representada en el siguiente flujograma:

1. MEJORA LA CALIDAD

Decrecen los costos operativos porque hay menos reprocesos, menos errores, menos retrasos y desperdicios; se utiliza mejor el tiempo-máquina y los materiales

2. MEJORA LA PRODUCTIVIDAD

Se conquista el mercado con la mejor calidad y el precio más bajo.

3. MEJORA LA COMPETITIVIDAD

Se permanece en el negocio, Hay más y más trabajo.

En conclusión NO PODEMOS MEJORAR LA COMPETITIVIDAD SI NO MEJORAMOS LA PRODUCTIVIDAD Y ÉSTE SI NO MEJORAMOS PREVIAMENTE LA CALIDAD DE NUESTROS PRODUCTOS O SERVICIOS.

Tenemos que ver a la empresa constructora como un sistema y orientado al Producto (EFICACIA O EFECTIVIDAD); es decir hacer las cosas bien para satisfacción del cliente. Para desarrollar esta idea la ejecución de los Proyectos deben orientarse a los Procesos (EFICIENCIA).

Debemos recordar las tres dimensiones de la COMPETITIVIDAD son: COSTO TIEMPO y CALIDAD.

Estas tres dimensiones de la Competitividad devienen en los tres principales propósitos de la Gerencia de Proyecto.

EN ESTAS EPOCAS LAS TECNICAS DE MEJORA DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD ESTÁN ORIENTADAS A LA SATISFACCIÓN DEL CLIENTE ENTREGANDO PRODUCTOS Y SERVICIOS CON MAYOR VALOR AGREGADO (ATRIBUTOS) SIN COSTO ADICIONAL.

EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD Y LA PRODUCTIVIDAD.

CONCEPTOS IMPORTANTES A TENER EN CUENTA:

SISTEMA: Conjunto de elementos independientes, dinámicamente relacionados, que desarrollan una actividad (operación o proceso del sistema) para cumplir un objetivo o propósito. Un sistema necesita ingreso de datos, materia o energía (Constituyen los insumos de entradas de recursos necesarios para poner en marcha el sistema), unidos al ambiente que rodea al sistema. Un sistema tiene una salida o resultado, que es el suministrar información (reportes), un producto o servicio. Cuando un sistema sirve a objetivos superiores se convierte en un subsistema, que se interrelaciona con otros subsistemas para formar un sistema que por naturaleza es holístico (integrado); es decir no existen islas. Por ejemplo en una empresa constructora tenemos el subsistema (Gerencia) de Producción u Operaciones, los subsistemas de Logística, de Finanzas, de Mantenimiento mecánico (optativo), de Recursos Humanos (optativo), de Marketing e Imagen institucional, Todos estos subsistemas, tienen que estar interrelacionados para que el sistema que es la Empresa constructora, pueda cumplir con su meta que es ganar dinero. Ejemplo para que la Gerencia de Producción decida (out put) qué hacer respecto a un Proyecto, requiere alimentarse con informes de obra (in put), procesar la información (evaluar) e interrelacionarse con Logística y Finanzas para que apoye prioritariamente a la obra problema y mejorar las utilidades de obra de la cual depende la Empresa (sistema).

ELEMENTOS ESENCIALES DE UN SISTEMA

1. **ENTRADAS O INSUMOS.**-Son los recursos que nos proporciona el ambiente circundante para alimentar y nutrir al sistema. No agrega valor, es decir no es valorizable. El agregado, el agua, el cemento, la mano de obra y herramientas, insumos necesarios para tarrajear una pared no pueden cobrarse individualmente a un cliente externo.

2. **PROCESAMIENTO U OPERACIÓN** (Conversión o transformación). Es el núcleo del sistema por cuanto transforma o convierte las entradas en salidas o resultados. Es la fase en que se agrega valor (es cuantificable y valorizable como cobrar por tarrajear una pared).
3. **SALIDAS O RESULTADOS**.-Son el producto de la operación del sistema. Mediante estas salidas (outputs), el sistema envía (exporta) el producto resultante al ambiente externo. El tarrajeo, es el resultado de mezclar cemento, agua, agregados contando con el esfuerzo (energía) humano. Un procesamiento correcto (control de calidad OK) es lo que paga el cliente externo.
4. **RETROALIMENTACIÓN (FEEDBACK)**.-Es la acción que las salidas ejercen sobre las entradas para mantener el equilibrio del sistema. Es una acción de retorno. Es positiva cuando la salida estimula y amplía la entrada para incrementar el funcionamiento del sistema; es decir se produce una mejora. Ejm. Si al operario le proporcionamos una batea móvil a una altura apropiada va a producir más tarrajeo por fatigarse menos.

La retroalimentación es negativa cuando la salida por ser menor, restringe y reduce la marcha del sistema. Por ejemplo, si hay demora en el abastecimiento de materiales, el operario bajará su producción, generando atrasos a la actividad tarrajeo.

Entradas o Insumos Salidas o resultados

Ambiente Ambiente

(Importación) (Exportación)

Retroalimentación.

Todo sistema existe y funciona en un ambiente. Ambiente es todo lo que rodea a un sistema y sirve para proporcionarle los recursos necesarios para su existencia.

PROCESAMIENTO U OPERACIÓN: MODELO DAVID J. SUMANTH

CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS.

SISTEMA CERRADO, MECÁNICO O DETERMINISTA.- Tiene pocas entradas y salidas en relación con el ambiente externo. Entre las entradas y salidas se establece una relación de causa- efecto. Hay una clara separación entre el sistema y el ambiente; es decir las fronteras del sistema están cerradas. Ejemplo los motores, las máquinas y toda la tecnología creada por el hombre.

SISTEMA ABIERTO, ORGÁNICO O PROBABILÍSTICO.- Posee numerosas entradas y salidas para relacionarse con el ambiente externo, las cuales no están muy bien definidas y sus relaciones de causa y efecto son indeterminadas. Las organizaciones en general y empresa en particular (como las empresas constructoras por ejemplo). Otro ejemplo es el hombre y en general todos los sistemas vivos. En las organizaciones, la separación entre el sistema y el medio ambiente no están bien definidas y sus fronteras son abiertas y permeables. El sistema abierto modifica la estructura y los procesos de sus componentes internos para adaptarse al ambiente. **TECNOLOGÍA:** Es cualquier medio que sirva para lograr un objetivo o cumplir una tarea determinada. Tipos de tecnología: Tecnología del producto. Tecnología de los procesos. Tecnología de la Información. Tecnología de la Administración. No siempre las tecnologías generan mayor productividad. **CALIDAD.-** Philip Crosby: Es cumplir con los requisitos (especificaciones técnicas por ejemplo) y satisfacer al cliente. Calidad es hacer bien las cosas desde el principio o primera vez. La calidad debe empezar con la meta de lograr cero defectos. Joseph Juran: Estableció la trilogía de la calidad: Planeación, Control y Mejoramiento de la Calidad, es equivalente a lo manifestado por David Sumanth: " Calidad en el diseño, calidad en la Conformación (facilidad en la fabricación para que se cumplan las especificaciones técnicas) y Calidad en el desempeño (confiabilidad y facilidad de mantenimiento). La calidad debe darse en todas las áreas funcionales de las Organizaciones y específicamente en las empresas constructoras, que deseen asegurar el éxito futuro.

ÉXITO = PLANEACIÓN X PREPARACIÓN X PACIENCIA.

PRODUCTIVIDAD.- Es la capacidad de una organización para agregar valor a los recursos que consume. Es hacer más (productos o servicios) con menos recursos.

Es una medida del progreso técnico. Es la utilización eficiente de los recursos (insumos) al producir bienes (productos) y/o servicios. La Organización Internacional del Trabajo (OIT) ha establecido la siguiente fórmula para determinar la Productividad.

$$\text{Productividad} = \text{Producción} / \text{Insumos}$$

Es equivalente a:

$$\text{Productividad} = \text{Out put} / \text{In put}$$

Los insumos son los recursos empleados en la producción de un producto o servicio.

Son:

1. Recursos materiales: Máquinas y equipos. Materias primas. Tecnología. Energía eléctrica y combustible.
2. Recursos humanos: Personas y empleados admitidos
3. Recursos financieros: Capital e inversiones de terceros. Empréstitos y financiaciones. Créditos y cuentas por cobrar.
4. Recursos mercadológicos: Pedidos de los clientes. Investigación de mercado. Información de mercado.

PRODUCTIVA. TOTAL.- Producción total

Suma de todos los recursos (materiales+equipos+mano de obra).

La unidad común a tan diferentes recursos es la unidad monetaria (nuevos soles o dólares). No es muy utilizado en la Construcción pero sí en la industria manufacturera.

PRODUCTIVIDAD PARCIAL:

PRODUCTIVIDAD MANO DE OBRA = Producción diaria / Jornada laboral x N° Hombres.

Se suele dar en ulp (unidades lógicas de producción, como el concreto se da en m3, el acero en Kg, el encofrado en m2) entre Hora-Hombre(HH)

PRODUCTIVIDAD DE EQUIPO = Producción diaria / Jornada (incluye tiempos muertos) x N° equipos similares.

NOTA.- EN CONSTRUCCIÓN UTILIZAMOS, MAYORMENTE LA PRODUCTIVIDAD PARCIAL Y DENTRO DE ELLAS LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA.

Ejemplo. Calcular la Productividad de una cuadrilla de enlucido cielo raso compuesto por 2 operarios más un peón, que producen en una jornada de 8 horas 20 m2:

$\text{Productividad} = 20 \text{ m}^2 / (8 \text{ Horas} \times 3 \text{ Hombres})$

$\text{Productividad} = 0.833 \text{ m}^2 / \text{Horas Hombre}$ **RENDIMIENTO.** Es la inversa de la Productividad, por cuanto mide el esfuerzo humano (desempeño). Luego:

$\text{Rendimiento} = \text{Jornada laboral diaria} \times \text{N}^\circ \text{ Hombres} / \text{Producción diaria (medido en ulp)}$ Del ejemplo anterior: $\text{Rendimiento} = 8 \text{ Horas} \times 3 \text{ Hombres} / 20 \text{ m}^2$

$\text{Rendimiento} = 1.2 \text{ HH/m}^2$ En rendimiento nos sirve para determinar la cantidad de Horas-Hombre que se necesitan para ejecutar una determinada cantidad de una partida (item). En el ejemplo anterior si tenemos que hacer 1000 m2 de cielo raso,

se necesitará: $1,000 \text{ m}^2 \times 1.2 \text{ HH/m}^2 = 1,200 \text{ HH}$. **PRODUCCIÓN.-** Es la actividad de producir bienes o servicios. **EFICIENCIA.-** Es la capacidad de hacer correctamente las cosas. Es lograr los resultados (productos o servicios) minimizando el uso de los recursos (ingresos) con lo cual se logra bajar los costos

operativos. Fórmula empleada: Eficiencia = $100 \times (\text{Recurso estándar, base o proyectado}) / \text{Recurso utilizado}$ Ejemplo. Si mi recurso base son 3 hombres y realmente utilizo 2.5 hombres para producir lo mismo (20 m²) en un día, la eficiencia de la cuadrilla será: Eficiencia = $100 \times 3 / 2.5$ Eficiencia = 120%

EFICACIA O EFECTIVIDAD.- Es la capacidad de escoger los objetivos apropiados, por ejemplo elegir el producto que el cliente desea y saber como lo desea. Un Gerente eficaz es aquel que hace las cosas correctas. Peter Drucker manifiesta que la eficacia es la clave del éxito de una organización. Por tanto antes de centrarnos en la eficiencia, debemos estar seguros de qué es lo que hay que hacer. Fórmula: Eficacia = $100 \times (\text{Producción real}) / \text{Producción meta}$ En nuestro ejemplo si la producción real acumulada de una semana (6 días de 8 horas cada día) es 108 m² y la producción semanal meta es $20 \times 6 = 120$ m², la eficacia será: Eficacia = $100 \times 108 / 120$ Eficacia = 90% Quiere decir que a pesar de ser eficientes (120%) no somos eficaces o efectivos(90%), lo que significa que estamos atrasado en la obra y de seguir esa tendencia no vamos a terminar dentro del plazo establecido.

EN CONCLUSIÓN NO PUEDE HABER EFICIENCIA CUANDO NO HAY EFICACIA. LO CORRECTO ES SER EFICACES Y EFICIENTE. UNO NOS MIDE EL CUMPLIMIENTO DE PLAZO (EFICACIA) Y EL OTRO NOS ASEGURA UN MENOR COSTO OPERATIVO (EFICIENCIA). RELACIÓN ENTRE EFICACIA-EFICIENCIA-PRODUCTIVIDAD UTILIZACIÓN DE RECURSOS POBRE BUENA ALTAS LOGROS DE METAS BAJO PROCESO.-Una de las partes naturales o sucesivas de las que se compone un Proyecto o un conjunto de ellos. Como característica de un Proceso podemos señalar que son naturales, sucesivos, dependientes e indispensables, con un alcance definido, con responsables y recursos determinados. **PROCEDIMIENTO.-** Es la expresión del conocimiento y la experiencia acumulada; es decir para tener un procedimiento hay que tener un conocimiento y aprender de la experiencia acumulada.

CARACTERÍSTICAS DE LOS PROCESOS

1. Los procesos son naturales y necesitan IDENTIFICACIÓN.
2. Tienen que ser medible para poder ser mejorado.
3. Tiene que tener un responsable.
4. Tiene que tener sus recursos propios.
5. Tiene que tener su alcance (en plazo y costo).

VISIÓN GLOBAL DEL PROCESO COMO SISTEMA FEEDBACK (RETROALIMENTACIÓN) PRODUCTIVIDAD=PRODUCTO INSUMO
$$\text{RENTABILIDAD} = (\text{Ingresos}-\text{Costos}) / \text{Costos}$$
$$\text{Beneficio (o Utilidad)} = \text{Ingresos (o Precio)} - \text{Egresos (o Costo)}$$

El precio es fijado por el mercado (ley de oferta y demanda. El objetivo es reducir los Egresos (Costos) para obtener mayores beneficios (utilidades). Esto permite en una siguiente oportunidad bajar los precios y ser más competitivos.

TRANSFORMACION O CONVERSION RETROALIMENTACIÓN (FEEDBACK)

INDICE DE PRODUCTIVIDAD (IP).- Resulta de comparar las Productividades Reales (datos de obra o campo) contra la Productividad base (del análisis de costos del Presupuesto contratado). Es un valor adimensional y nos permite llevar un control muy apropiado de los procesos.

EI CICLO DE LA PRODUCTIVIDAD

Tiene por finalidad obtener el Mejoramiento de la Productividad

1. Medición. En el campo (obra), tomamos datos de la Producción diaria de cada cuadrilla de trabajo, así como de las horas trabajadas.

2. Evaluación.- En base a los datos anteriores calculamos las productividades reales diarias y luego lo dividimos cada valor entre la productividad base para determinar los correspondientes Índices de Productividad diario. Luego lo graficamos, teniendo como eje de abscisas (eje x) el tiempo y en el eje y (ordenada) los Índices de Productividad (IP).
3. Planeación de los niveles futuros de productividad (metas).
4. Mejoramiento. Implantación de metodología planeada para mejorar, como una mejor distribución de los insumos, distancias mínimas para acortar el tiempo de transporte.
5. Volver al paso 1, pero un proceso ascendente (en espiral o círculo virtuoso), no en un mismo plano (círculo vicioso).

FEEDBACK O RETROALIMENTACIÓN EN NIVEL ASCENDENTE

LOS PASOS 1 Y 4 CONSTITUYEN EL DIAGNÓSTICO DEL PROCESO.

EL PASO 3 ES LA POSOLOGÍA O RECETA

EL PASO 4 ES LA APLICACIÓN DE LA RECETA.

EN EL MEJORAMIENTO LA RETROALIMENTACIÓN ES POSITIVA.

Ejemplo.

Siguiendo con el ejemplo planteado, la productividad base del tarrajeo del cielo raso es 0.833 m²/HH.

La tendencia de la curva real es positiva, lo que indica que existe una tendencia positiva. Podemos fijarnos metas más altas (Modificar Productividad base), lo que requiere un Plan de Mejoramiento.

PÉRDIDAS DE PRODUCTIVIDAD (Shingo (1988) y y Plossl (1991)

RELACIÓN CAUSA-EFECTO ENTRE TRES CLASIFICACIONES:

Causa Causa

Efecto Efecto

INTERACCIÓN ENTRE LAS TRES CLASIFICACIONES

El resultado de estas relaciones causa-efecto son los Diagramas de Influencia. Estos diagramas representan en el lado izquierdo las principales causas para cada una de las categorías generales y en lado derecho los ejemplos de pérdidas que produce cada una de las categorías generales. Las causas de pérdidas y las pérdidas que derivan de cada

1. CAUSAS DE PÉRDIDA

- 1.1. Problemas de Planificación
- 1.2. Problemas de Control
- 1.3. Problemas de organización
- 1.4. Problemas de Burocracia
- 1.5. Problemas de Capacitación
- 1.6. P. de Motivación de la M.O.
- 1.7. Problemas de Materiales
- 1.8. Problemas de Equipo
- 1.9. Problema de irresponsabilidad de mano de obra.
- 1.10. Problemas de Información
- 1.11. Problemas de Diseño
- 1.12. Problemas de Mercado
- 1.13. Prob. Del Tipo de Proyecto
- 1.14. Prob. De la Naturaleza.

2. CLASIFICACIÓN GENERAL

- 2.1. Pérdida por sobre Producción
- 2.2. Pérdi. por Esperas
- 2.3. P. por Transporte
- 2.4. P. p/ Movimientos
- 2.5. P. por Inventarios
- 2.6. P. por Operaciones

- 2.7. P. por Defectos
- 2.8. P. por Tiempo
- 2.9. P. por Personas
- 2.10. P. por Papeleo

3. INSUMO PERDIDO

- 3.1. Pérdidas de M. de O.
- 3.2. P. de Materiales
- 3.3. P. de Tiempo
- 3.4. P. de equipo
- 3.5. P. Directas de dinero
- 3.6. P. Calidad
- 3.7. P. en Administración

Categoría general pertenecen a diferentes categorías en la Clasificación de Causas y en la Clasificación por Insumo Perdido respectivamente. Esto se muestra utilizando diferentes colores.

TÉCNICAS DE MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

Según David Sumanth (1999). Existen más de 70 técnicas para mejorar la Productividad:

1. TÉCNICAS BASADAS EN LA TECNOLOGÍAS

- 1.1. Diseño asistido por Computadora (CAD).
- 1.2. Manufactura asistida por Computadora (CAM).
- 1.3. CAM integrada.
- 1.4. Robótica.
- 1.5. Tecnología láser
- 1.6. Tecnología de Energía
- 1.7. Tecnología de grupos
- 1.8. Gráficas en computadora

- 1.9. Simulación
- 1.10. Administración del mantenimiento
- 1.11. Reconstrucción de maquinaria
- 1.12. Tecnología de Conservación de Energía
- 1.13. Tecnología digital
- 1.14. Telecomunicación
- 1.15. Bioingeniería
- 1.16. Programación orientada a objetos
- 1.17. Fibras ópticas
- 1.18. Ingeniería de software asistida por computadores
- 1.19. Tecnología RISC.
- 1.20. Ingeniería simultánea / ingeniería concurrente
- 1.21. Video conferencias de escritorio
- 1.22. DISPATCH.
- 1.23. Programación y control en 4D.

2. TECNICAS BASADAS EN EL TRABAJADOR

- 2.1. Incentivos financieros (individuales y grupales)
- 2.2. Incentivos financieros (individuales y grupales)
- 2.3. Promoción de empleados.
- 2.4. Enriquecimiento del puesto de trabajo.
- 2.5. Ampliación del puesto
- 2.6. Rotación de puestos.
- 2.7. Participación de trabajadores.
- 2.8. Mejoría de habilidades personales.
- 2.9. Administración por objetivos.(MBO)
- 2.10. Curva de aprendizaje.
- 2.11. Comunicaciones.
- 2.12. Mejoramiento de las condiciones de trabajo.
- 2.13. Capacitación y educación.
- 2.14. Percepción del desempeño.

- 2.15. Calidad de Supervisión.
- 2.16. Reconocimiento
- 2.17. Penalizaciones o castigos.
- 2.18. Círculos de calidad
- 2.19. Cero defectos.
- 2.20. Administración de tiempos.
- 2.21. Flexibilidad de tiempos.
- 2.22. Semana de trabajo reducida.
- 2.23. Armonización.
- 2.24. Trabajo en casa.

3. TÉCNICAS BASADAS EN EL PRODUCTO

- 3.1. Ingeniería del valor.
- 3.2. Diversificación de productos
- 3.3. Simplificación del producto.
- 3.4. Investigación y desarrollo.
- 3.5. Estandarización del Producto.
- 3.6. Mejoramiento de la confiabilidad del producto.
- 3.7. Publicidad y Promoción.
- 3.8. Benchmarking.

4. TÉCNICAS BASADAS EN LA TAREA O EL PROCESO

- 4.1. Ingeniería de métodos.
- 4.2. Estudio o Medición del trabajo.
- 4.3. Diseño del puesto de trabajo.
- 4.4. Evaluación del puesto de trabajo.
- 4.5. Diseño de la seguridad del puesto de trabajo.
- 4.6. Ingeniería de factores humanos (Ergonomía).
- 4.7. Programación de la Producción.
- 4.8. Procesamiento de datos por computadora.
- 4.9. Reingeniería.

5. TÉCNICAS BASADAS EN LOS MATERIALES

- 5.1. Control de inventarios.
- 5.2. Planeación de requerimientos de materiales (MRP)
- 5.3. Inventarios Justo a Tiempo (JIT).
- 5.4. Administración de materiales.
- 5.5. Control de calidad.
- 5.6. Sistemas de manejo de materiales.
- 5.7. Reutilización y reciclado de materiales.

6. TÉCNICAS MODERNAS ADICIONALES

- 6.1. Las 5 S
- 6.2. Sistema SMED (Cambio rápido de útiles a máquina)
- 6.3. Justo a tiempo (JIT).
- 6.4. Control Total de la Calidad (TQC)
- 6.5. Mantenimiento Productivo Total
- 6.6. Lean Production y Lean Construction o Construcción sin pérdidas.
- 6.7. Kanban (Tarjetas de control de procesos).-
- 6.8. Kaizen (Mejora continua) Utiliza JIT y Kanban.
- 6.9. Teoría de las Restricciones.
- 6.10. DBR (Drum-Buffer-Rope: Tambor-Amortiguador-Cuerda).
- 6.11. Manufactura sincronizada.
- 6.12. Fábrica del futuro.

NOTA.- LOS TITULOS EN NEGRITA SON LOS RECOMENDADOS EN CONSTRUCCIÓN.

COMENTARIO.- El suscrito considera que es muy importante para mejorar la Productividad en la construcción, que nuestros ingenieros residentes se capaciten en Gerencia de Proyectos para que tengan una visión holística (integral) y sistémica del Proyecto, la misma que a su vez es un subsistema de la Empresa Constructora.

Deben conocer y utilizar las siguientes herramientas y metodologías:

1. Planeamiento estratégico (caso de Alta Gerencia), Planeamiento Táctico (Caso de Gerencia de línea) y Planeamiento operativo (Gerente de Proyecto), para definir los objetivos empresariales a largo plazo (en construcción, el largo plazo puede ser 5 años), a mediano plazo y corto plazo (duración del Proyecto).
2. Teoría de Restricciones (Para Planificar y Programar). Se aplica a toda la empresa como a la elaboración de Proyectos y ejecución de los mismos a través de la Planificación y control de los procesos.
3. Lean Construction (Complementar con TOC) para la Ejecución, Control y Mejoramiento de los Procesos. Es una técnica orientada a mejorar los procesos y como consecuencia la mejora de la Productividad.

IMPORTANTE:

Utilizar las 5 S como norma para que las obras tengan un ambiente ordenado y limpio. Antes de iniciar el Procedimiento que se describe a continuación, debe aplicarse las 5S, tanto a nivel de empresa como de obra.

ACTIVIDAD	Indicador de resultado	C	R	O	N	O	G	R	A	M	A	Responsable
Punto a verificar	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1. Arreglar (SEIRI)				No hay materiales innecesarios					PP			
1.1. Archivos				Documentos Clasificados					JL			
1.2. Impacto visual							Ambiente agradable					
2. Ordenar (SEITON)												
2.1. Selección para almacén			Facil inmediata identificación.							e RT		
2.2. Ordenadamente almacenado							Todo en el lugar escogido					
3. Limpieza (SEISO)							HG					
3.1. Piso							Piso limpio					
3.2. Responsabilidad de limpieza							Rotación por turnos					
4. Mantenimiento y aseo personal (SEIKETSU)							Aire limpio sin olores desagradables					
4.1. Ventilación							LK					
5. Disciplina (SHITSUKE)												
5.1. Reglas para vestir				Se cumplen reglas					PF			
5.2. Puntualidad				No se registran tardanzas					MR			

Ejemplo:

PROCEDIMIENTO ELABORADO POR EL AUTOR DEL PRESENTE TRABAJO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LAS OBRAS Y BAJAR LOS COSTOS OPERATIVOS Y GENERAR MAYORES BENEFICIOS Y EXITOS EN LA GERENCIA DE PROYECTOS APLICADA A LA CONSTRUCCION

1. PLANIFICAR Y PROGRAMAR LA OBRA Y LOS PROCESOS UTILIZANDO TEORÍA DE RESTRICCIONES. Para ello debemos:

2. Determinar las HH de las actividades a ejecutar en la obra y aplicando Pareto(ley 80/20), escoger las tareas que tengan la mayor cantidad de HH para su ejecución. De ellas hacemos un seguimiento especial a la actividad más restrictiva (la que tiene el mayor Número de HH).
3. Definimos la duración de las tareas que necesariamente deben ser menor o igual a la duración de la tarea restrictiva (subordinación) y sus interrelaciones utilizando en forma global redes PERT/CPM, con el auxilio de softwares como MSProject o Primavera Project Planner. Optativamente podemos utilizar el método de las cadenas críticas desarrollado por Eliyahu Goldratt.
4. En base a la red, elaboramos Programas de 3 semanas (Look Ahead Planning). Podemos utilizar métodos heurísticos como trenes de tareas, cadenas de trabajo, ritmo constante, chamín de fer, etc.
5. Entregamos a cada capataz un Programa de trabajo diario (Last Planner), basado en el Look Ahead Planning.
6. Tomamos los datos de campo, que me sirven para calcular a la vez los IP y los TP, TC y TNC.
7. En base a los gráficos IP(Índice de Productividad) de las tareas escogidas aplicando Pareto, se ve si los IP son mayores a 1(línea base) o menores a 1. De ser menores se debe analizar de inmediato las causas de la baja de Productividad, utilizando el diagrama espina de pescado (llamado también diagrama de Kaoru Ishikawa, su creador, vértebras de Godzilla, fishbone o diagrama causa-efecto).
8. Determinamos cuantitativamente la causa más importante que ocasiona la falta de calidad del proceso y por ende la baja productividad desarrollando la Gráfica de Pareto. Nos auxiliamos con las cartas de balance para determinar

los porcentajes del contenido de trabajo; es decir Trabajo Productivo, Trabajo Contributorio y Trabajo No Contributorio.

9. Establecemos mejoras, mediante trabajo en lotes pequeños, acortamiento de ciclos de trabajo (flujos, fase que no agrega valor al proceso).
10. Otra vez tomamos datos de campo y repetimos numeral 3, 4 y 5 lo que ocasiona la mejora continua en los procesos. Este Procedimiento nos lleva necesariamente a mejorar la calidad, la productividad y a bajar los costos operativos, generando mayores utilidades para la Empresa.
11. Estandarizamos con la finalidad de mejorar nuestra línea base; es decir establecemos la estructura del Proceso estandarizado (Procedimiento)

Proyecto:

Procedimiento N° Revisión

Proceso estandarizado:

Fecha de emisión:

Referencia Norma ISO (NTP)

Departamento

Título: Respondemos a la pregunta: ¿Qué se está haciendo?

Propósito: ¿Por qué?

Etapas Flujograma Responsable Descripción

¿Cómo se realiza la tarea?

RECOMENDACIÓN: Es necesario llevar registro de las desviaciones producidas en los procesos. Esto puede complementarse con herramientas de control estadístico que midan la variabilidad, busquen sus causas de raíz y creen el espacio donde pueda discutirse la forma de eliminar la desviación.

12. Finalmente todo se costea teniendo en cuenta los Avances Reales vs. Programados y vs. El Valor Ganado, utilizando el Earned Value Management System(EVMS), que nos permite controlar simultáneamente costos y tiempos de las tareas, que unido a control de la Calidad y la Productividad nos asegura un mayor margen (Utilidad) de obra.

Las evaluaciones de Calidad y productividad son diarias y los reportes del valor ganado son semanales utilizando softwares de Gestión como MSPProject o Primavera Project Planner.

13. Llevamos ordenadamente los registros de mejora de los procesos más importantes (Pareto) y determinamos los nuevos análisis de costos, describiendo las observaciones más destacables (lecciones aprendidas). Tener presente que el costo tiene dos componentes: Tener presente que el costo tiene dos componentes: 1.-Componente financiero(inventario mínimo). 2.-Componente económico.-Es producto de la forma cómo hacemos las cosas, que deriva en el mejoramiento de la productividad. APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES (TOC) PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD. La TOC, maneja dos tipos de restricciones: 1.- Restricciones físicas (cuellos de botellas) como los procesos de una obra. 2.- Restricciones políticas, utilizada en decisiones empresariales como venta de activos. En lo que respecta a las decisiones físicas se siguen 5 pasos para lograr la mejora de la Productividad: 2.1 Identificar la restricción. 2.2 Explotar (Aumentar al máximo la capacidad de la cuadrilla de trabajo). 2.3 Subordinar (Todos los procesos siguen al más lento). 2.4 Elevar la restricción. Utilizar otros recursos para aumentar la producción y por ende la Productividad. 2.5 Volver al paso 1, pero un nivel superior (mejora continua).

☐☐ En una obra tenemos que identificar qué proceso es el más lento para hacerlo trabajar al máximo de su capacidad (la cuadrilla que ejecuta el proceso),

subordinando luego a este cuello de botella (restricción); es decir todos tienen que trabajar al ritmo del más lento, porque sino se generan pérdidas.

Si En Se van a construir 20 columnas de concreto armado en un día (según Programa de trabajo) y se da en campo lo siguiente:

Cuadrilla Fierro: 2 Operarios + 2 Oficiales

Cuadrilla Encofrado: 2 Operarios + 2 Oficiales

Cuadrilla concreto: 2 Operarios+ 1 Oficial + 8 peones

Es evidente, que el cuello de botella es el proceso ENCOFRADO (Paso 1)

Tenemos que explotar al máximo la capacidad de la cuadrilla, reduciendo los flujos (transporte).

Supongamos que se logra subir a una producción de 17 columnas diarias, el proceso anterior (proveedor interno) y el proceso posterior (cliente interno) se subordinan; es decir pasarían a producir 17 unidades por día. Al existir desbalance es importante balancear las cuadrillas para lograr la meta de hacer 20 unidades por día.

En este caso es importante que los tres procesos se vea como un proceso integrado, ello genera cuadrillas que pueden realizar tres procesos diarios (elevar la restricción). APLICACIÓN DEL LEAN CONSTRUCTION (CONSTRUCCION SIN PÉRDIDA) PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD. Toma en cuenta técnicas como Pareto e Ishikawa para definir los procesos más críticos. Justo a Tiempo para la logística. PROGRAMACIÓN CLÁSICA

Este Esquema es el que se traduce cuando programamos tareas o actividades (Una actividad está formada por una o más tareas) por el método de la ruta crítica (Método ASAP):

Método de la cadena crítica o Critical Chain (ALAP)

PLAZO PROGRAMA CONTRACTUAL

PLAZO PROGRAMA INTERNO

CADENA CRÍTICA MOTIVADA POR UN RECURSO LIMITADO O RESTRINGIDO

Este Modelo clásico (Método de la Ruta Crítica) de programar no considera los flujos o desplazamientos, paradas, almacenamiento, inspección, etc. Que existen entre los procesos de conversión. Este flujo físico y real no agrega valor al producto final, pero es inevitable. Sin embargo, el modelo de cadena crítica si puede adecuarse al manejo de flujos a través de un manejo racional de los amortiguadores de recursos y de alimentación.

I.- MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL DEL LEAN CONSTRUCTION

En todo sistema de producción hay dos aspectos:

1.- Conversiones

2.- Flujos (inspección, transportes, esperas, etc).

Toda actividad genera Costos y consume tiempo. Solo las Conversiones; es decir la transformación de materia prima en producto, adiciona valor agregado, más no así los flujos. De ahí que esta filosofía se focaliza en reducir los tiempos y costos de los flujos de las actividades o tareas de un Proyecto.

Su principal objetivo es la eliminación de pérdidas y reducción de tiempos muertos o improductivos en cada tarea o actividad que se ejecuta. Todo trabajo se divide en:

1.-Tiempo Productivo

2.-Tiempo Auxiliar o Contributorio

3.-Tiempo Improductivo o No Contributorio.

Ejemplo en un vaciado de concreto:

Tiempo productivo: el operario que distribuye la mezcla, los peones que trasladan mezcla, el operador que provee la mezcla.

Tiempo auxiliar o contributorio: el peón que alcanza la regla.

Tiempo muerto, no contributorio o improductivo: el obrero que está parado solo observando, el obrero que va a hacer alguna necesidad fisiológica, etc.

PRINCIPIOS DEL LEAN CONSTRUCTION

1. PRIMER PRINCIPIO: REDUCIR LA PARCELA DE ACTIVIDADES QUE NO AGREGAN VALOR.
2. SEGUNDO PRINCIPIO.-INCREMENTAR EL VALOR DEL PRODUCTO A TRAVÉS DE LA CONSIDERACIÓN DE LAS NECESIDADES DE LOS CLIENTES
3. TERCER PRINCIPIO.-REDUCIR LA VARIABILIDAD.
4. CUARTO PRINCIPIO.-REDUCIR EL TIEMPO DE LOS CICLOS.
5. QUINTO PRINCIPIO.-SIMPLIFICAR MEDIANTE LA REDUCCIÓN DEL NÚMERO DE PASOS, PARTES Y RELACIONES.
6. AUMENTAR LA FLEXIBILIDAD DE SALIDA (PRODUCTO TERMINADO).
7. FOCALIZAR EL CONTROL EN LOS PROCESOS GLOBALES O COMPLETOS.
8. INTRODUCIR LA MEJORA CONTINUA EN EL PROCESO.
9. MANTENER EL EQUILIBRIO ENTRE MEJORAS EN LOS FLUJOS Y EN LAS CONVERSIONES.
10. HACER BENCHMARKING.

METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS QUE UTILIZA EL LEAN CONSTRUCTION PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD

1. Planeamiento estratégico (a largo plazo y donde se definen las políticas y objetivos estratégicos), táctico (a nivel de Gerente de Operaciones o Producción, donde se establecen las herramientas de planificación a utilizar) y operativo (a nivel de Gerente de Proyecto asignado a una obra utilizando técnicas como la Estructura de Descomposición del Trabajo) Este ítem es aporte del suscrito.
2. Justo a Tiempo (Just in Time: JIT) o política de Inventario Cero. Ideado por la Toyota alrededor de 1950, significa que debemos tener los materiales e insumos para las actividades que se desarrollan en la semana. Excepción para el caso de compra de ascensor, que en muchos casos demora un año para su fabricación y puesta en obra, así como la fabricación de vidrios templados, turbinas, generadores, etc, que se fabrican a pedido.
3. Administración de la Calidad Total (Total quality Management) TQM. Aplicando las herramientas de la Calidad total, entre ellos los diagramas causa- efecto de Kaoru Ishikawa, diagramas de Pareto (Muchos triviales, pocos vitales) para detectar estadísticamente las fallas importantes del proceso. Los japoneses manifiestan que las fallas no son del personal o equipo, sino del sistema y específicamente el proceso.
4. Tiempos basados en la Competencia (Time based competition.); es decir benchmarking interno y externo.
5. Ingeniería concurrente (Cocurrent engineering). Significa el concurso de equipo de profesionales multidisciplinarios para resolver problemas específicos de diseño y construcción.

6. Rediseño de procesos o reingeniería (Process redesign (or reengineering). Es decir innovación tecnológica en busca de la excelencia.
7. Administración basado en el Valor (Value based management). Se debe dar al producto (la obra) valores agregados, que no signifiquen mayores costos.
8. Mantenimiento Productividad Total (Total productive maintenance (TPM)). Control y mejoramiento continuo de la Productividad.
9. Administración visual (Visual management).
10. Compromiso del personal (Employee involvement). Desarrollar políticas de Empowerment (Empoderamiento); es decir que ciertas decisiones pueden ser asumidas por personal de menor jerarquía.
11. Ingeniería simultánea; es decir sistema fast track, donde la Ingeniería, la procura)(logística especializada) y la construcción se realizan simultáneamente, con los lógicos desfases. La Ingeniería simultánea es afín a la Ingeniería concurrente. Ambas abarcan tanto la administración, empleados, proveedores y clientes (los involucrados o stakeholders) desde la idea, anteproyecto, proyecto, ejecución, puesta en marcha y mantenimiento.
12. Outsourcing.-Política clara de subcontratos (agregado por el suscrito).
13. Seguridad Total de las Obras, (agregado por el suscrito) a través de charlas de inducción y posteriormente charlas diarias de 5 a 10 minutos antes de empezar las tareas.
14. Programación basada en los flujos y conversiones, empleando las redes operacionales o flujogramas y los métodos heurísticos como el ritmo constante,

método de las cadenas o método ruso; método de los trenes de trabajo o método ferrocarril o chemín de fer, donde las tareas no tienen holgura.

15. Control (agregado por el suscrito) basado en la curva S y la teoría del Valor Ganado o Costo Presupuestado del Trabajo Realizado (CPTR).

16. Constructabilidad (agregado por el suscrito), definida por la Construction Industry Institute (CII) en 1987 como "El uso óptimo del conocimiento y experiencia de construcción en el planeamiento, adquisiciones y manejo de operaciones de construcción". El objetivo es construcción con eficiencia (optimización e innovación de los procesos, logrando una reducción del tiempo de respuesta de las transacciones) y eficacia (optimización e innovación del producto: la obra, logrando satisfacción en el cliente). La suma de la eficiencia y la eficacia se denomina efectividad empresarial. La CII de Australia, dio las siguientes pautas para una estrecha cooperación entre clientes, proyectistas y constructores:

16.1. Integración con el Proyecto (Todas las especialidades deben coordinar y realizar planos integrados)

16.2. Conocimiento y experiencia en construcción del personal dirigente.

16.3. Habilidad de la mano de obra adecuada al proyecto, experiencia probada.

16.4. Objetivos corporativos por encima de intereses particulares o de grupo.

16.5. Disponibilidad de recursos en el tiempo oportuno.

16.6. Análisis de factores externos (Amenazas y Oportunidades).

- 16.7. Planeamiento del Proyecto apropiado como Planeamiento Genérico, luego Programa de las 3 semanas (Look Ahead Planning) y Planeamiento del último Programador (Last Planner).
- 16.8. Métodos constructivos adecuados.
- 16.9. Análisis de viabilidad en las etapas de diseño y ejecución.
- 16.10. Especificaciones, claras y fundamentadas.
- 16.11. Innovaciones tecnológicas durante la construcción.
- 16.12. Retroalimentación (feed-back) del proceso. Alguien dijo que la retroalimentación es el desayuno de los ganadores.

IMPLEMENTACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN TOTAL DE LA PRODUCTIVIDAD (David Sumanth)

1. DESARROLLO DEL CONCEPTO DE LA MISIÓN DE LA EMPRESA.
2. ANÁLISI DEL MODELO DE PRODUCTIVIDAD TOTAL DEL MODELO DE PRODUCTIVIDAD TOTAL GENERAL O AMBOS. Brinda la información suficiente en lo referente a los puntos fuertes, las debilidades, las oportunidades y las tendencias en todas las áreas críticas de la empresa, desde los puntos de vista de los clientes internos y externos y en general de todos los involucrados.
3. DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS ADMINISTRATIVOS:
 - 3..1. Lograr hacer efectiva la declaración de la misión de la empresa.
 - 3..2. Ser muy específico, sin ambigüedades.
 - 3..3. Contar con una base de tiempo
 - 3..4. Ser comprobable.
4. ANÁLISIS CAUSA-EFECTO (ESPINA DE PESCADO).
5. PLANES DE ACCIÓN.- Se desarrolla un plan de acción para cada uno de los objetivos gerenciales.
6. PARTICIPACIÓN DEL EQUIPO DE CALIDAD DE LA PRODUCTIVIDAD.
7. IMPLEMENTACIÓN DE LOS PLANES DE ACCIÓN.
8. ¿SE LOGRARON LOS OBJETIVOS GERENCIALES?
9. PARTICIPACIÓN DE LOS BENEFICIOS DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL.

NUEVAS METAS.-Para fijar nuevas metas debe haberse previamente alcanzado las anteriores. En segundo lugar, fijar metas anuales. Agregar

10. nuevas metas a medida que cambian las condiciones de los negocios o cada trimestre, lo que ocurra primero.

HERRAMIENTAS PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD

1. Análisis Pareto 1.-Análisis de las "5W" y
2. Análisis de causa y de "1 H". 1.- Diagrama de relaciones efecto (diag. Ishikawa 2.- Diagramas de flujos. 2.- Diagrama de afinidades.
3. Histogramas. 3.-Gráfica de flujo de pro- 3.-Diagrama de árbol de toma
4. Diagramas de dispersión cesos de producción. de decisiones.
5. Gráficas (barras, circu- 4.-Gráfica de operación de 4.-Diagrama de matrices. lares, etc. procesos. 5.-Diagrama de análisis de datos
6. Hojas de comprobación 5.-Gráfica de distribución de matrices.
7. Gráficas de control del trabajo. 6.-Gráfica de programación de
8. Gráficas de Gantt 7.-Diagrama de Flechas
9. Gráfica de actividades (CPM y diagrama PERT múltiples.
10. Métodos heurísticos (Cadenas de trabajo)
11. Gráficas de mano dere- 9.-Cadenas Críticas (Goldratt) cha y mano izquierda. 10.-Programación en 4D.
12. Regresión simple 9.-Muestreo de trabajo
13. Regresión múltiple 10.-Estudios de tiempos directos

14. Análisis de variaciones y predeterminados. (ANOVA) y pruebas de
11.-Ergonomía. hipótesis. 12.-Herramientas de investigación
15. Diseño de experimentos operaciones (OP). (metodología Kenichi 13.-
Simulación por computadora(MicroCYCLONE) Taguchi) 14.-Encuestas
16. Gráfica de relación entre actividades.
17. Diagrama de relaciones.
18. Diagrama de relación especial.
19. Análisis de contenidos.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS

CASO DE ESTUDIO: ANÁLISIS DE LA CALIDAD Y LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN AULA DIDÁCTICA

En esta fase se presenta un caso de estudio donde se analiza el impacto de la calidad y productividad en la construcción de un aula didáctica, ejecutada en la ciudad de Tarapoto Región san Martín, de acuerdo a los siguientes datos:

5.1. Información general

5.1.1. Nombre del proyecto.- Construcción de edificio B, aula didáctica adosada.

5.1.2. Ubicación de la obra.-

5.1.3. Dependencia responsable del proyecto.- Comisión para la infraestructura educativa de la UGEL Tarapoto Provincia de San Martín Región San Martín.

5.1.4. Procedimiento constructivo.- La construcción consiste en una estructura simple, columnas y zapatas aisladas, todo de concreto $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ y acero a de refuerzo $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$. Los materiales empleados son los comunes de la región, saber: piedra de hilada para la cimentación de mampostería, relleno con material calizo no consolidado, conocido en la zona como Sahcab, block hueco de concreto de 15 cm x 20 cm x 40 cm en los muros, viguetas de concreto pretensado T12-5 y bovedillas de concreto de 15 cm x 20 cm x 56 cm para la cubierta. Se utilizara cemento gris tipo I, cal hidratada, polvo de piedra, grava y armadura electrosoldada 66-1010 de acuerdo al concepto de

trabajo a ejecutar; los andamios se habilitaron con bloques y tablas y la cimbra para castillos y cerramientos con perfiles laminados de acero, sujetos con alambre recocido. Los acabados son los tradicionales de tres capas, denominados en la zona; el piso de cerámica de 33 x 33 cm sobre firme de concreto, y la cancelería de madera con persianas horizontales formada con riel tipo U y tabloncillos de 20 cm de ancho por una pulgada de espesor para protección.

5.2. Programación

El programa de obra se efectuó utilizando el método de ruta crítica, agrupando las actividades de construcción en partidas, como se aprecia en la siguiente tabla de costos y duraciones normales:

Descripción	Símbolo	Dependencia	Duración	Costo
Preliminares	A	--	18	25,257.52
Losas y cadena de borde	B	C	10	30,962.52
Albañilería y acabados	C	A	30	50,391.97
Instalaciones	D	C	8	4,875.00
Adheridos	E	B	17	25,403.46
Cimentación de obra exterior	F	--	5	3,267.00
Albañilería obra exterior	G	F	10	8,957.38
Instalaciones obra exterior	H	G, D	5	12,435.00
Adheridos obra exterior	I	H	2	3,005.00
Total				\$164,554.85

Tabla 2.- Costos directos y duraciones normales de obra.¹

De acuerdo a la tabla anterior, el diagrama de ruta crítica quedó así:

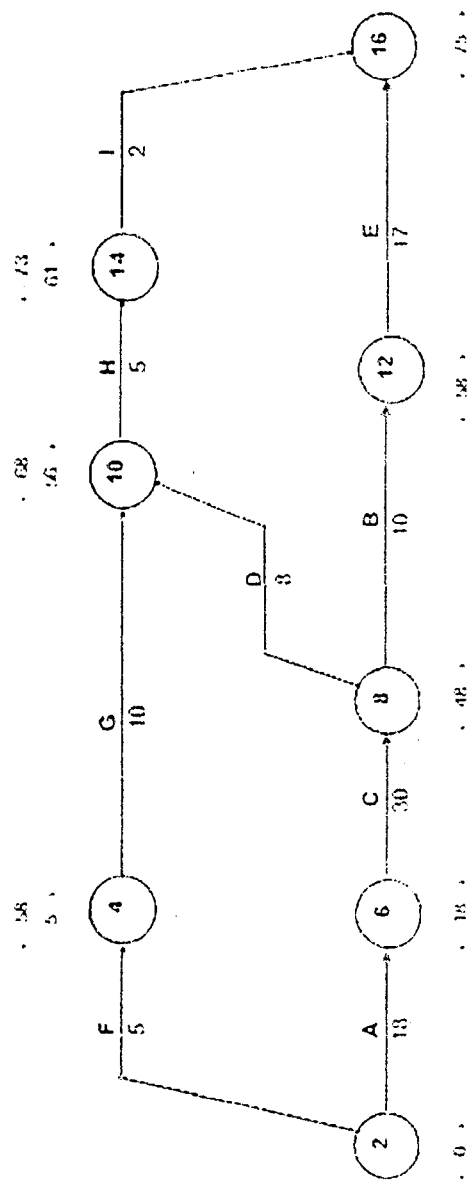


Figura 7.- Ruta crítica original del proyecto escuela primaria "Niño Mexicano"

El cálculo analítico de la ruta crítica se presenta en la siguiente tabla:

Partida	Duración	PI	PT	UI	UT	Holgura total	Ruta Crítica
A	18	0	18	0	18	0	Si
B	10	48	58	48	58	0	Si
C	30	18	48	18	48	0	Si
D	8	48	56	60	68	12	No
E	17	58	75	58	75	0	Si
F	5	0	5	53	58	53	No
G	10	5	15	58	68	53	No
H	5	56	61	68	73	12	No
I	2	61	63	73	75	12	No

Tabla 3.- Cálculo de la ruta crítica del proyecto.²

Aquí puede observarse que las partidas D, F, G, H e I, tienen holguras totales que van de los 12 hasta los 53 días, por lo que el estudio se concentró en el resto de las partidas, B, C y E, las cuales se encuentran en la ruta crítica, es decir, que no tienen holgura y que por tanto rigen la duración total del proyecto que fue de 75 días, consistentes en jornadas diurnas de 8 horas de lunes a sábado.

5.3. Medición de la productividad.

Con los datos obtenidos de la bitácora de obra, se aplicarán tres modelos utilizados para medir la productividad, los cuales son:

1. **Modelo de los factores:** el cual sirve para calcular los índices de productividad con la tasa unitaria de productividad y todos aquellos factores que la han impactado positiva o negativamente.
2. **Medición del trabajo o estudio de tiempos:** para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado para llevar a cabo una tarea según una norma de rendimiento preestablecida.

3. **Estudio de métodos:** donde se registran los procedimientos de trabajo de los modos de realizar actividades con el fin de efectuar mejoras.

5.3.1. Aplicación del modelo de los factores.

Estos índices de productividad se expresan como una tasa unitaria de productividad (TUP), calculada como sigue:

$$\text{TUP} = \text{Insumo humano (horas/hombre)} / \text{cantidad ejecutada}$$

(9)

En la tabla siguiente se resumen los resultados de la TUP para las partidas críticas.

Actividades	Unidad	Cantidad Ejecutada	Horas / hombre		TUP	
			Programa	Real	Programa	Real
A.- Preliminares						
Limpia , trazo y nivelación*	M²	93.12	16.00	33.00	0.172	0.354
Excavación	M³	14.50	256.00	258.00	17.655	17.793
Rellenos*	M³	65.86	48.00	66.00	0.729	1.002
Concreto en cimentación	M³	2.97	32.00	35.00	10.774	11.785
Cimbras	M²	26.42	16.00	18.00	0.606	0.681
Acero en cimentación	Kg.	172.51	24.00	17.00	0.139	0.099
Mampostería*	M³	12.53	40.00	51.00	3.192	4.070
B.- Losa y cadena borde						
Losa de azotea de vigueta	M²	88.84	168.00	172.00	1.891	1.936
Cadena de borde en losa	ML	26.96	72.00	70.00	2.671	2.596
C.- Albañilería y acabados						
Cadena de concreto armado	M _l	24.20	24.00	22.00	0.992	0.909
Castillo de concreto armado	M _l	86.02	160.00	164.00	1.860	1.907
Muro de block hueco*	M²	36.63	32.00	50.00	0.874	1.365
Firme de concreto	M²	47.10	46.00	48.00	0.977	1.019
Piso de cerámica*	M²	47.10	32.00	44.00	0.679	0.934
Piso de concreto	M²	24.60	32.00	33.00	1.301	1.341
Aplanados en muros	M²	94.57	96.00	98.00	1.015	1.036
Aplanados en plafones	M²	89.89	64.00	65.00	0.712	0.723
Pintura vinílica	M²	254.26	40.00	39.00	0.157	0.153
Limpieza de pisos	M²	70.60	32.00	32.00	0.453	0.453
E.- Adheridos						
Impermeabilizante	M²	92.88	32.00	28.00	0.345	0.301
Forjado de repizón	M _l	6.90	16.00	17.00	2.319	2.464
Colocación de cerradura	PZA	1.00	8.00	9.00	8.000	9.000
Cancelería de madera	M²	13.78	32.00	34.00	2.322	2.467
Ventilador de techo	PZA	2.00	16.00	14.50	8.000	7.250
Riel de protección en vent.	M _l	6.80	16.00	16.00	2.353	2.353
Soporte para tablonés	PZA	2.00	16.00	14.00	8.000	7.000

Tabla 4.- Resultados de la TUP³

* En estas actividades se encontró un aumento en las horas-hombre considerable, comparando las horas planeadas y las horas que se utilizaron en realidad para realizar la actividad. Mientras que en la actividad marcada con "+" hubo una disminución de horas.

Como puede apreciarse en la tabla anterior, se tuvieron bajas en la productividad programada de algunas actividades de las partidas de Preliminares, como por ejemplo en limpia, trazo y nivelación con una diferencia de la TUP entre lo planeado y lo real de 0.182, y en Albañilería y Acabados, donde en la actividad de muro de block existe una diferencia de 0.491. Cabe aclarar que los valores más bajos corresponden a una productividad más alta como en el caso de acero en cimentación con 0.99 en lo real, a diferencia de lo planeado con un valor de 1.139, como resultado de la fórmula convencional utilizada para su cálculo.

Las horas-hombre calculadas corresponden al tiempo acumulado por las cuadrillas de trabajadores, que básicamente se integraron por un obrero calificado oficial o especialista auxiliado por uno o dos ayudantes no calificados (peones). En algunos casos, como en las cuadrillas de limpia, trazo y nivelación, rellenos y las otras marcadas con "x" se tuvieron que reforzar con un segundo oficial especialista y otro ayudante según las necesidades de la constructora, referentes al tiempo de entrega.

Es importante destacar que los índices de productividad dependen de la cantidad ejecutada y el número de horas-hombre empleadas para que se lleve a cabo. Se puede observar que en la actividad de excavación en lo real se obtuvo una TUP de 17.793, en comparación con firme de concreto donde se obtuvo 1.019, lo cual no significa que la segunda fue más productiva, sino que este modelo funciona comparando la TUP de una actividad de la obra con respecto a la misma actividad en otra obra. Los factores por los que las actividades marcadas obtuvieron baja productividad las veremos más adelante.

5.3.2. Aplicación de medición del trabajo o estudio de tiempos.

De acuerdo al método de estudio de tiempos, se eligieron para análisis las actividades que forman parte de las partidas que se encuentran en la ruta crítica, tomando como base el tiempo observado en minutos de acuerdo a cifras de rendimiento recomendadas por la CMIC. Es necesario para obtener los tiempos básicos obtener la medición del trabajo el cual se muestra en la siguiente tabla:

Clasificación	Descripción
0	No hay actividad.
50	Muy lento, torpes movimientos. El trabajador parece medio dormido sin ningún interés en el trabajo.
75	Calmado, intencionado, una actuación pausada, como trabajador no está en paz en el trabajo, pero bajo su propia supervisión, se mira lento, pero el tiempo laboral no es gastado intencional mientras está bajo supervisión.
100 Estimación Estándar	Vigoroso, desempeño en el trabajo en promedio calificado, a gusto en el trabajo, calidad necesaria estándar y exactitud lograda con confianza.
125	Muy rápido, el operador exhibe un alto grado de seguridad, destreza y coordinación de movimientos, más arriba de lo estimado estándar.
150	Excepcionalmente rápido; demuestra esfuerzos intensos y concentración, no hay inactividad por periodos largos, una actuación excelente y poco usual.

Tabla 5.- Cuadro de clasificaciones³

El tiempo básico es el requerido para llevar a cabo un elemento de trabajo en una medición estándar. Los tiempos básicos son calculados con la fórmula especificada en el capítulo tres (ecuación 1) la cual es la siguiente:

Tiempo básico = Tiempo observado x (Clasificación observada/Clasificación estándar).

La siguiente tabla nos indicará el tiempo básico para cada actividad que es parte de la ruta crítica. Retomando la tabla 5.

Actividades	Unidad	Tiempo observado (min)	Clasificación observada (%)	Tiempo básico (min)
A.- Preliminares				
Limpia, trazo y revelación	M ²	480	75	360
Excavación	M ³	3840	100	3840
Rellenos	M ³	1200	75	900
Concreto en cimentación	M ³	1440	100	1440
Cimbra	M ²	720	100	720
Acero en cimentación	Kg	720	125	900
Mampostería	M ³	960	75	720
<i>Subtotal</i>		<i>9360</i>		<i>8880</i>
B.- Losa y cadena borde				
Losa de azotea de vigueta	M ²	2400	125	3000
Cadena de borde en losa	M ²	1440	100	1440
<i>Subtotal</i>		<i>3840</i>		<i>4440</i>
C.- Albañilería y acabados				
Cadena de concreto armado	M ²	720	100	720
Castillo de concreto armado	M ²	1920	100	1920
Muro de block huecos	M ²	960	75	720
Firma de concreto	M ²	1440	100	1440
Piso de cerámica	M ²	960	75	720
Piso de concreto	M ²	960	100	960
Aplanados en muros	M ²	2400	100	2400
Aplanados en plafones	M ²	1440	100	1440
Puerta vertical	M ²	1200	100	1200
Limpieza de pisos	M ²	720	100	720
<i>Subtotal</i>		<i>12720</i>		<i>12240</i>
D.- Adheridos				
Impermeabilizante	M ²	1440	125	1800
Forado de repizón	M ²	960	100	960
Colocación de cerradura	PZA	240	100	240
Cancelería de madera	M ²	1920	100	1920
Ventilador de techo	PZA	960	125	1200
Riel de protección en vert	M ²	960	100	960
Soporte para tableros	PZA	960	125	1200
<i>Subtotal</i>		<i>7440</i>		<i>8280</i>
Total en minutos		33360		33840
Total de horas		556		564
Total de días		70		71

Tabla 6.- Medición del tiempo básico

En la tabla anterior se presenta una diferencia mínima entre el tiempo observado y el tiempo básico. Lo cual es debido a que el

número de actividades diferente a la clasificación estándar, resultado de cinco actividades con clasificación de los obreros de 75 y cinco actividades con 125, motivo por el cual no varió mucho el tiempo básico del observado. Es importante hacer notar que cuando un trabajador tiene una clasificación de 125, el número de minutos para realizar la actividad aumenta, esto es debido a que se le da un tiempo de holgura para realizarla, ya que por la velocidad con que la efectúa, es necesario aumentar el tiempo para determinar el plazo básico promedio y viceversa.

5.3.2.1. Tolerancia de Relajación.

Con respecto al tiempo básico se puede decir que otorga tolerancias con respecto a la velocidad y efectividad de cada trabajador, sin embargo, no otorga tiempo requerido para la recuperación por fatiga. Por ejemplo, una cuadrilla de excavadores puede trabajar durante 12 minutos sin parar, pero después necesitará descansar por un minuto o algo parecido, para estirar la espalda, flexionar los dedos y luego trabajar.

Para incluir estas necesidades, la tolerancia de relajación es sumada al tiempo básico, esta es expresada usualmente en porcentajes del tiempo básico y son aplicadas según se desee a cada elemento por separado.

La siguiente tabla resume ejemplos de tolerancia de relajación como un porcentaje de tiempo básico.

Naturaleza	Descripción	Tolerancia expresada como porcentaje del tiempo básico
Estándar	Necesidades personales (baño, beber, lavar) además de fatiga básica.	8
Postura	De pie, sentado, en cuclillas o acostado.	2 - 7
Atención	Trabajo fino, trabajo de complejidad mental.	0 - 5
Condiciones	Condiciones inadecuadas de luz.	0 - 5
	Condiciones extremas de ventilación.	0 - 10
	Desde tranquilidad hasta ruido extremo.	0 - 5
	35 grados centígrados y 95% humedad.	0 - 70
Esfuerzo	Levantamiento hasta 5 Kg.	1
	Levantamiento hasta 20 Kg.	1 - 10
	Levantamiento hasta 40 Kg.	10 - 30
	Levantamiento hasta 50 Kg.	30 - 50
Monotonía	Mental	0 - 4
	Tedioso hasta muy tedioso	0 - 5

Tabla 7.- Normativa de tolerancia de relajación⁸

Debido a la poca información que existe con respecto a la evaluación del tiempo de relajación permitido, es extremadamente difícil realizarlo, ya que puede existir variación con respecto al clima, temperatura, humedad, entre otros.

Observaremos en la tabla siguiente la diferencia entre el tiempo básico y el tiempo estándar, en donde el segundo es la suma del tiempo básico, el tiempo de tolerancia de relajación total y el cinco por ciento del tiempo básico, debido a que para obras civiles, el porcentaje que se le aumenta conocido como porcentaje de contingencia es del cinco por ciento.

		Tolerancia del tiempo de relajación								
Actividades	Tiempo básico	Estándar	Pastura	Atención	Condiciones	Esfuerzo	Monotonía	Total de minutos	5% de contingencia	Tiempo Estándar
A.- Preliminares										
Limpieza y nivelación	360.0	28.8 (8%)	25.2 (7%)	7.2 (2%)	72.0 (2%)	3.6 (1%)	10.8 (3%)	117.6	18.0	525.6
Excavación	3810.0	307.2 (8%)	268.8 (7%)	76.8 (2%)	1536.0 (10%)	38.4 (1%)	115.2 (3%)	2542.2	192.0	6374.2
Relevo	900.0	72.0 (8%)	63.0 (7%)	18.0 (2%)	90.0 (10%)	9.0 (1%)	18.0 (2%)	270.0	15.0	1215.0
Corte y cimentación	1410.0	115.2 (8%)	102.6 (7%)	28.8 (2%)	72.0 (5%)	14.4 (1%)	11.1 (1%)	288.9	72.0	1800.0
Cimentas	720.0	57.6 (8%)	51.1 (2%)	11.1 (2%)	21.6 (5%)	7.2 (1%)	11.1 (2%)	129.6	36.0	885.6
Acero en cimentación	900.0	72.0 (8%)	63.0 (7%)	18.0 (2%)	45.0 (5%)	9.0 (1%)	18.0 (2%)	180.0	15.0	1125.0
Montaje de	720.0	57.6 (8%)	51.1 (2%)	11.1 (2%)	36.0 (5%)	7.2 (1%)	7.2 (1%)	140.0	36.0	900.0
Subtotal	8880.0							3507.4	444.0	12831.4
B.- Losa y cadena borde										
Losa de niza de vigueta	3000.0	240.0 (8%)	120.0 (1%)	60.0 (2%)	150.0 (5%)	150.0 (5%)	30.0 (1%)	580.0	150.0	3600.0
Cadena de borde en losa	1110.0	115.2 (8%)	57.6 (1%)	28.8 (2%)	72.0 (5%)	72.0 (5%)	11.1 (1%)	300.9	72.0	1872.0
Subtotal	4410.0							1110.0	222.0	5772.0
C.- Albufrería y acabados										
Cadena de concreto armado	720.0	57.6 (8%)	13.2 (6%)	11.1 (2%)	28.8 (4%)	21.6 (5%)	7.2 (1%)	172.8	36.0	928.8
Castillo de concreto armado	1920.0	153.6 (8%)	96.0 (5%)	38.4 (2%)	87.6 (3%)	57.6 (2%)	38.4 (2%)	411.6	96.0	2187.6
Muro de block breco	720.0	57.6 (8%)	13.2 (6%)	21.6 (3%)	72.0 (10%)	7.2 (1%)	21.6 (3%)	223.2	36.0	979.2
Piñe de concreto	1410.0	115.2 (8%)	57.6 (1%)	28.8 (2%)	72.0 (5%)	11.1 (1%)	11.1 (1%)	302.4	72.0	1814.4
Piso de cerámica	720.0	57.6 (8%)	21.6 (5%)	11.1 (2%)	7.2 (1%)	7.2 (1%)	21.6 (3%)	129.6	36.0	885.6
Piso de concreto	960.0	76.8 (8%)	28.8 (3%)	28.8 (3%)	9.6 (1%)	28.8 (3%)	9.6 (1%)	182.4	48.0	1190.4
Aplamado en muros	2100.0	192.0 (8%)	72.0 (3%)	96.0 (1%)	72.0 (3%)	21.0 (1%)	18.0 (2%)	601.0	120.0	3021.0
Aplamado en plafones	1110.0	115.2 (8%)	28.8 (2%)	13.2 (3%)	28.8 (2%)	11.1 (1%)	28.8 (2%)	250.2	72.0	1774.2
Pintura sintética	1290.0	96.0 (8%)	36.0 (3%)	12.0 (1%)	12.0 (1%)	12.0 (1%)	21.0 (2%)	381.2	60.0	1411.2
Limpieza de pisos	720.0	57.6 (8%)	14.4 (2%)	7.2 (1%)	7.2 (1%)	7.2 (1%)	7.2 (1%)	109.2	36.0	856.2
Subtotal	12240.0							2496.6	612.0	15348.6
D.- Adheridos										
Impermeabilizante	1800.0	111.0 (8%)	54.0 (3%)	18.0 (1%)	36.0 (2%)	9.0 (1%)	36.0 (2%)	297.0	90.0	2187.0
Forjado de capota	960.0	76.8 (8%)	19.2 (2%)	19.2 (2%)	28.8 (3%)	9.0 (1%)	9.0 (1%)	163.2	48.0	1171.2
Colocación de cerradura	240.0	19.2 (8%)	7.2 (3%)	2.4 (1%)	4.8 (2%)	2.4 (1%)	7.2 (3%)	41.2	12.0	293.2
Carcas de madera	1920.0	153.6 (8%)	57.6 (3%)	38.4 (2%)	38.4 (2%)	38.4 (2%)	38.4 (2%)	304.8	96.0	2500.8
Veritaban de techo	1200.0	96.0 (8%)	72.0 (6%)	24.0 (2%)	36.0 (3%)	12.0 (1%)	36.0 (3%)	276.0	60.0	1536.0
Riel de protección en ventanas	960.0	76.8 (8%)	28.8 (3%)	19.2 (2%)	19.2 (2%)	9.6 (1%)	19.2 (2%)	172.8	48.0	1180.8
Sopos para tablonas	1200.0	96.0 (8%)	36.0 (2%)	24.0 (2%)	24.0 (2%)	12.0 (1%)	24.0 (2%)	216.0	60.0	1176.0
Subtotal	8280.0							1533.0	414.0	10227.0
Total en minutos	33840.0									44179.0
Total en horas	564.0									736.3
Total en días	71.0									92.0

Tabla 8.- Obtención del tiempo estándar⁹

Los tiempos de relajación de la tabla anterior fueron propuestos con base a la observación y con los resultados obtenidos puede hacerse una gráfica donde se visualiza la diferencia del tiempo básico y estándar de las partidas críticas, A.- Preliminares; B.- Losa y

cadena de borde; C.- Albañilería y acabados; y E.- Adheridos; así:

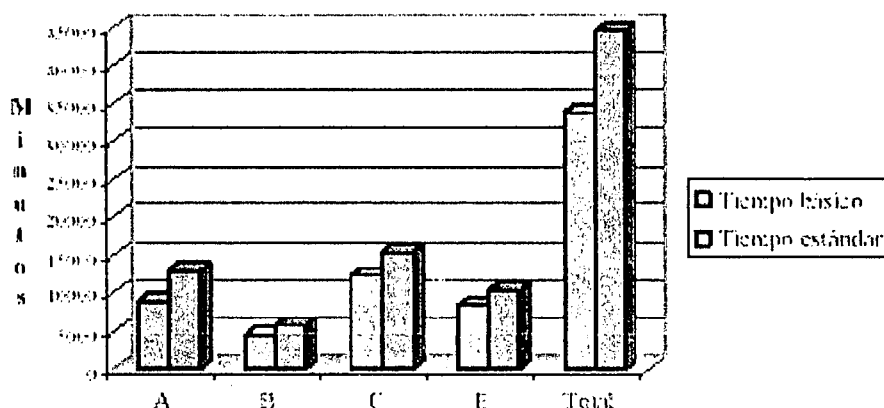


Fig. 8 - Contraste de tiempos básicos y tiempos estándar.¹⁰

Con los datos obtenidos en la tabla 8 y que se pueden observar mejor en la figura 5, se puede observar que el tiempo estándar es 21 días mayor al tiempo básico. Asimismo, se observa que en la partida A de preliminares es donde existe la mayor diferencia entre ambos tiempos con 8.2 días de diferencia, lo cual es ocasionado porque las actividades de la partida mencionada son al aire libre con excesivo calor, exceso de humedad y a diferencia de las demás, bajo el sol sin lugar donde refugiarse.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con los resultados presentados en el capítulo anterior, se contribuye al conocimiento de la productividad principalmente en trabajos de albañilería, la cual podrá servir para situar el desempeño de las empresas constructoras y el rendimiento de los trabajadores empleados en la obra. Asimismo, se comprobó que el uso oportuno de las herramientas de calidad, dentro del método para evaluarla, permitieron identificar las prácticas que ocasionan problemas durante la ejecución de la obra, con lo cual es posible encontrar mejores soluciones que ayudan a no incurrir en un costo. Aunque las mediciones en diferentes obras de construcción en otras latitudes sean realizadas bajo distintas condiciones, la comparación con otras empresas puede llevarse a cabo gracias a los métodos empleados, que parten de una evaluación unificada del contenido de trabajo y grado de complejidad de los proyectos.

Haciendo un análisis de tales resultados pueden hacerse las siguientes conclusiones:

- Para el proceso de análisis empleado se usaron técnicas que permitieron evaluar cada aspecto del trabajo humano aplicado y los factores que afectaron los índices de productividad, con el objetivo de obtener beneficios administrativos para mejorar y alcanzar una buena organización y control sobre el sistema de construcción.
- Los métodos de evaluación de la productividad y calidad utilizados en este trabajo se encuentran estrechamente relacionados entre sí y pueden emplearse simultáneamente para obtener un conocimiento más preciso de lo que ocurre en la obra y estar constantemente en mejora continua.
- Con la Medición de Trabajo o estudio de tiempos, se encuentra el tiempo estándar que invierte un trabajador calificado en realizar una o varias actividades, incluyendo el tiempo de relajación y el de contingencia. En

base a los resultados obtenidos, se pueden implementar planes de incentivos. Por otra parte, al momento de planear los plazos en futuras obras, se puede acercar el tiempo estimado al tiempo real que ocupa un obrero en realizar alguna actividad.

- En lo que respecta al Estudio de Métodos, se realizó un procedimiento de trabajo y con los resultados obtenidos, se hizo una evaluación de los modos de realizar actividades con el fin de efectuar mejoras y determinar que actividades no contribuyen al mejoramiento de la productividad. La metodología anterior, junto con el Modelo de los Factores, permitió observar que las causas asociadas a los días anormales identificados con mayor frecuencia, fueron aquellos relacionados con la administración, principalmente con la disponibilidad de materiales. En segundo lugar, se tuvo la influencia del clima que no permitió el inicio de los trabajos en la obra durante dos días. En conjunto, la influencia de estos factores significó un atraso del 7%.
- Como se dijo en el caso de estudio, para recuperar el tiempo perdido en algunas actividades y concluir de acuerdo a lo programado, fue necesario intensificar la mano de obra, aumentando el número de cuadrillas, lo cual significó un incremento en el costo directo equivalente al 3.4% de lo programado originalmente; el cual va directamente a la utilidad.
- Las actividades de habilitado y colocación de acero de refuerzo en cimentación, por el contrario, experimentaron una ligera alza en la productividad del 0.099 de acuerdo al TUP real, por efecto del grado de especialización que mostraron los obreros.
- Por otra parte, con la utilización del método de evaluación de la calidad (TPQM), se conocieron los motivos por los que la obra tuvo retrasos y baja productividad. Evaluándolos y resolviéndolos mediante herramientas de calidad, como diagrama causa y efecto y gráfica de Pareto; observando que la cuadrilla de muro de block sufrió demoras por falta de materiales al

inicio de la actividad, llegada tarde de los obreros y demasiado tiempo perdido en revisiones, entre los más significativos.

- La TUP de construcción de muro de block en el caso estudiado fue de 1.37hrs/m², en contraste a lo hallado por Jiménez en 2001 (0.88 hrs/m²) , y González y Alcudia.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

- Adrian, James J., y Douglas J. Adrian. Total productivity and quality management for construction, Stipes Publishing, IL, EU., 1995, 362 pp.
- Aguilar, Iliana, La calidad total aplicada a una empresa de servicio. Monografía, Instituto Tecnológico de Mérida, 1999.
- Allmon, Eric et al., "U. S. Construction Labor Productivity Trends, 1970-1998" Journal of Construction Engineering and Management, (Va), 126: 2000, núm. 2, pp. 97-104.
- Alvear, Celina, Calidad total aseguramiento y mejora continua, Limusa, México, 1999, 67 pp.
- Antill, James M. y Woodhead Ronald W., Método de la ruta crítica y sus aplicaciones a la construcción, Limusa. México, 2002.
- Arcudia, Carlos, Determinación de los factores que afectan la productividad de la mano de obra de la construcción, proyecto de investigación SISIERRA núm. 99040, Mérida, 1999, 7 pp.
- Botero, Luis F. y Martha Álvarez, "Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción" Revista Universidad EAFIT, 130: 2003, Abril-Junio.
- Chye Lim, Ewe, "Influence of management and labor of construction productivity in Singapore" Building Research and Information, (Singapur), 21: 1993, núm. 5, pp. 296-303, recuperado el 19 de marzo de 2000, <http://www.dialogweb.com>.
- Erossa, Victoria, Proyectos de inversión en ingeniería, su metodología, Limusa, México, 1993, 227 pp.

- Garcia, Antonio "Cifras de productividad en la Construcción" Revista Mexicana de la Construcción, (México), 2000, núm. 540.
- González, Ecaración, "Cultura empresarial para el siglo XXI" Benchmarking, Universidad de Vigo, 1996.
- González, José A. y Carlos Arcudia, "Estudio del trabajo y de los rendimientos de mano de obra en la construcción masiva de viviendas" Ingeniería: Revista Académica de la Facultad de Ingeniería Universidad Autónoma de Yucatán, 1: 1997, núm. 2, pp. 9-22.
- Halligan, David et al., "Action-Response Model and Loss of Productivity in Construction" Journal of Construction Engineering and Management, (Nueva York), 120: 1994, núm. 1, pp. 47-64.
- Harris, F y R. Mc Affer, Construction Management (Manual de gestión de proyecto y dirección de obra), Gustavo Gili, S. A., Barcelona, 1999.